Beiträge

zur

Analyse der Empfindungen

von

Dr. E. Mach,

Professor der Physik an der deutschen Universität zu Prag.

Mit 36 Abbildungen.



Jena,

Verlag von Gustav Fischer

1886.

Inhalt.



Vorwort.

Durch die tiefe Ueberzeugung, dass die Gesammtwissenschaft überhaupt, und die Physik insbesondere, die nächsten grossen Aufklärungen über ihre Grundlagen von der Biologie und zwar von der Analyse der Sinnesempfindungen zu erwarten hat, bin ich wiederholt auf dieses Gebiet geführt worden.

Freilich habe ich nur wenig zur Erreichung dieses Zieles beitragen können. Schon dadurch, dass ich meine Untersuchungen nur gelegentlich, nicht als eigentlichen Beruf, betreiben, und oft nur nach langen Unterbrechungen wieder aufnehmen konnte, mussten meine zerstreuten Publicationen an Gewicht verlieren, vielleicht mir sogar den stillen Vorwurf der Zersplitterung eintragen. Umsomehr bin ich jenen Forschern, welche wie E. Hering, V. Hensen, W. Preyer u. A., theils auf den sachlichen Inhalt, theils auf die methodologischen Ausführungen meiner Arbeiten Rücksicht genommen haben, zu besonderem Dank verpflichtet.

Vielleicht erscheint nun die vorliegende zusammenfassende und ergänzende Darstellung in einem etwas günstigern Licht, indem sie deutlich macht, dass es überall dasselbe Problem war, welches mir aus den vielen einzelnen untersuchten Thatsachen entgegengeblickt hat. Obwohl ich durchaus nicht auf den Namen eines Physiologen, noch weniger auf jenen eines Philosophen Anspruch machen kann, hoffe ich doch, dass die lediglich mit dem lebhaften Wunsche nach Selbstbelehrung unternommene Arbeit eines über die conventionellen Fachgrenzen ausblickenden Physikers auch für Andere nicht ganz ohne Nutzen sein wird, selbst wenn ich nicht überall das Richtige getroffen haben sollte.

Die stärkste Anregung erhielt vor 25 Jahren meine natürliche Neigung für die hier behandelten Fragen durch Fechner's „Elemente der Psychophysik" (Leipzig 1860), und am meisten gefördert wurde ich durch Hering's Lösung zweier in den folgenden Blättern (S. 33 Anm. 20 und S. 77) näher bezeichneter Probleme.

Lesern, welche aus irgend welchen Gründen allgemeineren Erörterungen gern aus dem Wege gehen, empfehle ich, das erste und letzte Kapitel zu überschlagen. Für mich hängt allerdings die Ansicht des Ganzen und die Ansicht des Einzelnen so zusammen, dass ich beide nur schwer zu trennen vermöchte.

Prag im November 1885.

D. V.



Antimetaphysische Vorbemerkungen.

1.

Die grossen Erfolge, welche die physikalische Forschung in den verflossenen Jahrhunderten nicht nur auf eigenem Gebiet, sondern auch durch Hilfeleistung in dem Bereiche anderer Wissenschaften errungen hat, bringen es mit sich, dass *physikalische* Anschauungen und Methoden überall in den Vordergrund treten, und dass an die Anwendung derselben die höchsten Erwartungen geknüpft werden. Dem entsprechend hat auch die Physiologie der Sinne, die von Männern wie *Göthe*, *Schopenhauer* u. A., mit grösstem Erfolge aber von *Johannes Müller* eingeschlagenen Bahnen allmälig verlassend, fast ausschliesslich einen physikalischen Character angenommen. Diese Wendung muss uns als eine nicht ganz zweckentsprechende erscheinen, wenn wir bedenken, dass die Physik trotz ihrer bedeutenden Entwicklung doch nur ein *Theil* eines grösseren Gesammtwissens ist, und mit ihren für *einseitige* Zwecke geschaffenen einseitigen intellectuellen Mitteln diesen Stoff nicht zu erschöpfen vermag. Ohne auf die Unterstützung der Physik zu verzichten, kann die Physiologie der Sinne nicht nur ihre eigenthümliche Entwicklung fortsetzen, sondern auch der Physik selbst noch kräftige Hilfe leisten. Folgende einfache Betrachtung mag dazu dienen, dies Verhältniss klar zu legen.

2.

Farben, Töne, Wärmen, Drücke, Räume, Zeiten u. s. w sind in mannigfaltiger Weise miteinander verknüpft, und an dieselben sind Stimmungen, Gefühle und Willen gebunden. Aus diesem Gewebe tritt das relativ Festere und Beständigere hervor, es prägt sich dem Gedächtnisse ein, und drückt sich in der Sprache aus. Als relativ beständiger zeigen sich zunächst räumlich und zeitlich verknüpfte Complexe von Farben, Tönen, Drücken u. s. w., die desshalb besondere Namen erhalten, und als Körper bezeichnet werden. Absolut beständig sind solche Complexe keineswegs.

Mein Tisch ist bald heller bald dunkler beleuchtet, kann wärmer und kälter sein. Er kann einen Tintenfleck erhalten. Ein Fuss kann brechen. Er kann reparirt, polirt, Theil für Theil ersetzt werden. Er bleibt für mich doch der Tisch an dem ich täglich schreibe.

Mein Freund kann einen andern Rock anziehen. Sein Gesicht kann ernst und heiter werden. Seine Gesichtsfarbe kann durch Beleuchtung oder Affecte sich ändern. Seine Gestalt kann durch Bewegung oder dauernd alterirt werden. Die Summe des Beständigen bleibt aber den allmäligen Veränderungen gegenüber doch immer so gross, dass diese zurücktreten. Es ist derselbe Freund mit dem ich täglich meinen Spaziergang mache.

Mein Rock kann einen Fleck, ein Loch, erhalten. Schon der Ausdruck zeigt, dass es auf eine Summe von Beständigem ankommt, welchem das Neue hinzugefügt, von welchem das Fehlende nachträglich in Abzug gebracht wird.

Die grössere Geläufigkeit, das Uebergewicht des Beständigen gegenüber dem Veränderlichen drängt zu der theils instinctiven theils willkürlichen und bewussten Oeconomie des Vorstellens und der Bezeichnung, welche sich in dem

gewöhnlichen Denken und Sprechen äussert. Was auf einmal vorgestellt wird, erhält eine Bezeichnung, einen Namen.

Als relativ beständig zeigt sich ferner der an einen besondern Körper (den Leib) gebundene Complex von Erinnerungen, Stimmungen, Gefühlen, welcher als Ich bezeichnet wird. Ich kann mit diesem oder jenem Ding beschäftigt, ruhig und heiter oder aufgebracht und verstimmt sein. Doch bleibt (pathologische Fälle abgerechnet) genug Beständiges übrig, um das Ich als dasselbe anzuerkennen. Allerdings ist auch das Ich nur von relativer Beständigkeit [1]).

---

1) Die scheinbare Beständigkeit des Ich besteht vorzüglich nur in der Continuität, in der langsamen Aenderung. Die vielen Gedanken und Pläne von gestern, welche heute fortgesetzt werden, an welche die Umgebung im Wachen fortwährend erinnert (daher das Ich im Traume sehr verschwommen, verdoppelt sein, oder ganz fehlen kann), die kleinen Gewohnheiten, die sich unbewusst und unwillkührlich längere Zeit erhalten, machen den Grundstock des Ich aus. Grössere Verschiedenheiten im Ich verschiedener Menschen, als im Laufe der Jahre in einem Menschen eintreten, kann es kaum geben. Wenn ich mich heute meiner frühen Jugend erinnere, so müsste ich den Knaben (einzelne wenige Punkte abgerechnet) für einen Andern halten, wenn nicht die Kette der Erinnerungen vorläge. Schon manche Schrift, die ich selbst vor 20 Jahren verfasst, macht mir einen höchst fremden Eindruck. Die sehr allmälige Aenderung des Leibes trägt wohl auch zur Beständigkeit des Ich bei, aber viel weniger als man glaubt. Diese Dinge werden noch viel weniger analysirt und beachtet als das intellectuelle und das moralische Ich. Man kennt sich persönlich sehr schlecht. — Als junger Mensch erblickte ich einmal auf der Strasse ein mir höchst unangenehmes widerwärtiges Gesicht im Profil. Ich erschrak nicht wenig, als ich erkannte, dass es mein eigenes sei, welches ich an einer Spiegelniederlage vorbeigehend durch zwei gegen einander geneigte Spiegel wahrgenommen hatte. — Vor nicht langer Zeit stieg ich nach einer anstrengenden nächtlichen Eisenbahnfahrt sehr ermüdet in einen Omnibus, eben als von der andern Seite auch ein Mann hereinkam. „Was steigt doch da für ein herabgekommener Schulmeister ein", dachte ich. Ich war es selbst, denn mir gegenüber hing ein grosser Spiegel. Der Classenhabitus war mir also viel geläufiger, als mein Specialhabitus. — Das Ich ist so wenig absolut beständig als die Körper. Was wir

Ist die erste Orientirung durch Bildung der Substanzbegriffe „Körper“, „Ich“ (Materie, Seele) erfolgt, so drängt der Wille zur genauern Beachtung der Veränderungen an diesem relativ Beständigen. Das Veränderliche an den Körpern und am Ich ist es eben, was den Willen bewegt. Erst jetzt treten die Bestandtheile des Complexes als Eigenschaften desselben hervor. Eine Frucht ist süss; sie kann aber auch bitter sein. Auch andere Früchte können süss sein. Die gesuchte rothe Farbe kommt an vielen Körpern vor. Die Nähe mancher Körper ist angenehm, jene anderer unangenehm. So erscheinen nach und nach verschiedene Complexe aus gemeinsamen Bestandtheilen zusammengesetzt. Von den Körpern trennt sich das Sichtbare, Hörbare, Tastbare ab. Das Sichtbare löst sich in Farbe und Gestalt. In der Mannigfaltigkeit der Farben treten wieder einige Bestandtheile in geringerer Zahl hervor, die Grundfarben u. s. w. Die Complexe zerfallen in Elemente.

3.

Die zweckmässige Gewohnheit das Beständige mit einem Namen zu bezeichnen und ohne jedesmalige Analyse der Bestandtheile in einen Gedanken zusammenzufassen, kann mit dem Bestreben die Bestandtheile zu sondern in einen eigenthümlichen Widerstreit gerathen. Das dunkle Bild des Beständigen, welches sich nicht merklich ändert, wenn ein oder der andere Bestandtheil ausfällt, scheint etwas für

am Tode so sehr fürchten, die Vernichtung der Beständigkeit, das tritt im Leben schon in reichlichem Masse ein. Was uns das Werthvollste ist, bleibt in unzähligen Exemplaren erhalten, oder erhält sich bei hervorragender Besonderheit in der Regel von selbst. Im besten Menschen liegen aber individuelle Züge, um die er und andere nicht zu trauern brauchen. Ja zeitweilig kann der Tod, als Befreiung von der Individualität, sogar ein angenehmer Gedanke sein.

sich zu sein. Weil man jeden Bestandtheil einzeln wegnehmen kann, ohne dass dies Bild aufhört die Gesammtheit zu repräsentiren und wieder erkannt zu werden, meint man, man könnte alle wegnehmen und es bliebe noch etwas übrig. So entsteht der ungeheuerliche Gedanke eines (von seiner „Erscheinung“ verschiedenen unerkennbaren) Dinges an sich.

Das Ding, der Körper, die Materie ist nichts ausser dem Complex der Farben, Töne u. s. w. ausser den sogenannten Merkmalen. Das vielgestaltige vermeintliche philosophische Problem von dem einen Ding mit seinen vielen Merkmalen entsteht durch das Verkennen des Umstandes, dass übersichtliches Zusammenfassen und sorgfältiges Trennen, obwohl beide temporär berechtigt und zu verschiedenen Zwecken erspriesslich, nicht auf einmal geübt werden können. Der Körper ist einer und unveränderlich, so lange wir nicht nöthig haben, auf Einzelnheiten zu achten. So ist auch die Erde oder ein Billardballen eine Kugel, so bald wir von allen Abweichungen von der Kugelgestalt absehen wollen, und grössere Genauigkeit unnöthig ist. Werden wir aber dazu gedrängt, Orographie oder Mikroskopie zu treiben, so hören beide Körper auf Kugeln zu sein.

4.

Der Mensch hat vorzugsweise die Fähigkeit sich seinen Standpunkt willkürlich und bewusst zu bestimmen. Er kann jetzt von den imposantesten Einzelnheiten absehen, und sofort wieder die geringste Kleinigkeit beachten, jetzt die stationäre Strömung ohne Rücksicht auf den Inhalt betrachten, und dann die Breite einer Fraunhofer'schen Linie im Spectrum schätzen, er kann nach Gutdünken zu den allge-

meinsten Abstractionen sich erheben, oder ins Einzelne sich vertiefen. Das Thier besitzt diese Fähigkeit in viel geringerem Grade. Es stellt sich nicht auf einen Standpunkt, es wird meist durch die Eindrücke auf denselben gestellt. Der Säugling, welcher den Vater mit dem Hut nicht erkennt, der Hund, der durch den neuen Rock des Herrn irre wird, unterliegen im Widerstreit der Standpunkte. Wer wäre nie in einem ähnlichen Falle unterlegen? Auch der philosophirende Mensch kann gelegentlich unterliegen, wie das angeführte wunderliche Problem lehrt. Besondere Umstände scheinen noch für die Berechtigung des erwähnten Problemes zu sprechen. Farben, Töne, Düfte der Körper sind flüchtig. Es bleibt als beharrlicher nicht leicht verschwindender Kern das Tastbare zurück, welches als Träger der daran gebundenen flüchtigeren Eigenschaften erscheint. Die Gewohnheit hält nun den Gedanken an einen solchen Kern fest, auch wenn sich schon die Erkenntniss Bahn gebrochen hat, dass Sehen, Hören, Riechen und Tasten durchaus verwandt sind. Hiezu kommt noch, dass dem Räumlichen und Zeitlichen in Folge der eigenthümlichen grossen Entwicklung der mechanischen Physik eine Art höherer Realität gegenüber den Farben, Tönen, Düften zugeschrieben wird. Dem entsprechend erscheint das zeitliche und räumliche Band von Farben, Tönen, Düften realer als diese selbst. Die Physiologie der Sinne legt aber klar, dass Räume und Zeiten ebenso gut Empfindungen genannt werden können als Farben und Töne. Hievon später.

5.

Auch das Ich, so wie das Verhältniss der Körper zum Ich, gibt Anlass zum Auftreten anologer Scheinprobleme, deren Kern im Folgenden kurz angegeben werden soll. Die

Complexe von Farben, Tönen u. s. w., welche man gewöhnlich Körper nennt, bezeichnen wir der Deutlichkeit wegen mit A, B, C . . . . , den Complex, der unser Leib heisst, und der ein Theil der ersteren ist, nennen wir K, L, M . . . , den Complex von Willen, Erinnerungsbildern u. s, w. stellen wir durch α, β, γ . . . . dar. Gewöhnlich wird nun der Complex α β γ . . . K L M . . . als Ich dem Complex A B C . . . als Körperwelt gegenübergestellt, zuweilen wird auch α β γ . . . . als Ich, K L M . . . . A B C . . . . als Körperwelt zusammengefasst. Zunächst erscheint A B C . . . . als unabhängig vom Ich und diesem selbstständig gegenüber stehend. Diese Unabhängigkeit ist nur relativ, und hält vor gesteigerter Aufmerksamkeit nicht Stand. In dem Complex α β γ . . . kann sich allerdings manches ändern, ohne dass an A B C . . . . viel bemerklich wird, ebenso umgekehrt. Viele Aenderungen in α β γ . . . gehen aber durch Aenderungen in K L M . . . . nach A B C . . . . über und umgekehrt. (Wenn z. B. lebhafte Vorstellungen in Handlungen ausbrechen, oder die Umgebung in unserm Leib merkliche Aenderungen veranlasst.) Hiebei scheint K L M . . . . mit α β γ . . . . und mit A B C . . . . stärker zusammenzuhängen, als diese untereinander. Diese Verhältnisse finden eben in dem gewöhnlichen Denken und Sprechen ihren Ausdruck.

Genau genommen zeigt sich aber, dass A B C . . . . immer durch K L M . . . . mitbestimmt ist. Ein Würfel wird, wenn er nahe, gross, wenn er fern, klein, mit dem rechten Auge anders als mit dem linken, gelegentlich doppelt, bei geschlossenen Augen gar nicht gesehen. Die Eigenschaften eines und desselben Körpers erscheinen also durch den Leib modificirt, sie erscheinen durch denselben bedingt. Wo ist denn aber derselbe Körper, der so verschieden er-

scheint? Alles was man sagen kann ist, dass verschiedene A B C . . . . an verschiedene K L M gebunden sind[2]).

Wir sehen einen Körper mit einer Spitze S. Wenn wir S. berühren, zu unserm Leib in Beziehung bringen, erhalten wir einen Stich. Wir können S. sehen, ohne den Stich zu fühlen. Sobald wir aber den Stich fühlen, werden wir S finden. Es ist also die sichtbare Spitze ein bleibender Kern, an den sich der Stich nach Umständen wie etwas Zufälliges anschliesst. Bei der Häufigkeit analoger Vorkommnisse gewöhnt man sich endlich, alle Eigenschaften der Körper als von bleibenden Kernen ausgehende durch Vermittlung des Leibes dem Ich beigebrachte „Wirkungen", die wir Empfindungen nennen, anzusehen. Hiermit verlieren aber diese Kerne den ganzen sinnlichen Inhalt, werden zu blossen Gedankensymbolen. Es ist dann richtig, dass die Welt nur aus unsern Empfindungen besteht. Wir wissen aber dann eben nur von den Empfindungen, und die Annahme jener Kerne, so wie einer Wechselwirkung derselben, aus welcher erst die Empfindungen hervorgehen würden, er-

---

2) Ich habe diesem Gedanken vor langer Zeit (Vierteljahrsschrift für Psychiatrie. Leipzig und Neuwied 1868 „über die Abhängigkeit der Netzhautstellen von einander") in folgender Weise Ausdruck gegeben: Der Ausdruck „Sinnestäuschung" beweist, dass man sich noch nicht recht zum Bewusstsein gebracht, oder wenigstens noch nicht nöthig gefunden hat dies Bewusstsein auch in der Terminologie zu bekunden, dass die Sinne weder falsch noch richtig zeigen. Das einzig Richtige, was man von den Sinnesorganen sagen kann, ist, dass sie unter verschiedenen Umständen verschiedene Empfindungen und Wahrnehmungen auslösen. Weil diese „Umstände" so äusserst mannigfaltiger Art, theils äussere (in den Objecten gelegene), theils innere (in den Sinnesorganen sitzende), theils innerste (in den Centralorganen thätige) sind, kann es allerdings den Anschein haben, wenn man nur auf die äussern Umstände Acht hat, dass das Organ ungleich unter gleichen Umständen wirkt. Die ungewöhnlichen Wirkungen pflegt man nun Täuschungen zu nennen.

weist sich als gänzlich müssig und überflüssig. Nur dem halben Realismus oder dem halben Kriticismus kann eine solche Ansicht zusagen.

6.

Gewöhnlich wird der Complex $\alpha\ \beta\ \gamma$ . . . K L M . . . als Ich dem Complex A B C . . . . gegenübergestellt. Nur jene Elemente von A B C . . . ., welche $\alpha\ \beta\ \gamma$ . . . . stärker alteriren, wie einen Stich, einen Schmerz pflegt man bald mit dem Ich zusammenzufassen. Später zeigt sich aber durch Bemerkungen der oben angeführten Art, dass das Recht, A B C . . . . zum Ich zu zählen, nirgends aufhört. Dem entsprechend kann das Ich so erweitert werden, dass es schliesslich die ganze Welt umfasst [3]). Das Ich ist nicht scharf abgegrenzt, die Grenze ist ziemlich unbestimmt und willkührlich verschiebbar. Nur indem man dies verkennt, die Grenze unbewusst enger und zugleich auch weiter zieht, entstehen im Widerstreit der Standpunkte die metaphysischen Schwierigkeiten.

So bald wir erkannt haben, dass die vermeintlichen Einheiten „Körper", „Ich" nur Nothbehelfe zur vorläufigen Orientirung und für bestimmte praktische Zwecke sind (um die Körper zu ergreifen, um sich vor Schmerz zu wahren u. s. w.), müssen wir sie bei vielen weitergehenden wissenschaftlichen

---

3) Wenn ich sage, der Tisch, der Baum u. s. w. sind meine Empfindungen, so liegt darin, der Vorstellung des gemeinen Mannes gegenüber, eine wirkliche Erweiterung des Ich. Aber auch nach der Gefühlsseite ergibt sich eine solche Erweiterung für den Virtuosen, der sein Instrument fast so gut beherrscht als seinen Leib, für den gewandten Redner, in dem alle Augenaxen convergiren, und der die Gedanken seiner Zuhörer leitet, für den kräftigen Politiker, der seine Partei mit Leichtigkeit führt u. s. w. — In Depressionszuständen hingegen, wie sie nervöse Menschen zeitweilig zu ertragen haben, schrumpft das Ich zusammen. Eine Wand scheint es von der Welt zu trennen.

Untersuchungen als unzureichend und unzutreffend aufgeben. Der Gegensatz zwischen Ich und Welt, Empfindung oder Erscheinung und Ding fällt dann weg, und es handelt sich lediglich um den Zusammenhang der Elemente α β γ . . . . A B C . . . . K L M . . . . , für welchen eben dieser Gegensatz nur ein theilweise zutreffender unvollständiger Ausdruck war. Dieser Zusammenhang ist nichts weiter als die Verknüpfung jener Elemente mit andern gleichartigen Elementen (Zeit und Raum). Die Wissenschaft hat ihn einfach anzuerkennen, und sich in demselben zu orientiren, anstatt die Existenz desselben erklären zu wollen.

Bei oberflächlicher Betrachtung scheint der Complex α β γ . . . aus viel flüchtigeren Elementen zu bestehen, als A B C . . . . und K L M . . . . , in welchen letzteren die Elemente stabiler und in mehr beständiger Weise (an feste Kerne) geknüpft zu sein scheinen. Obgleich bei weiterem Zusehen die Elemente aller Complexe sich als gleichartig erweisen, so schleicht sich doch auch nach dieser Erkenntniss die ältere Vorstellung eines Gegensatzes von Körper und Geist leicht wieder ein. Der Spiritualist fühlt wohl gelegentlich die Schwierigkeit, seiner vom Geist geschaffenen Körperwelt die nöthige Festigkeit zu geben, dem Materialisten wird es sonderbar zu Muth, wenn er die Körperwelt mit Empfindung beleben soll. Der durch Ueberlegung erworbene monistische Standpunkt wird durch die älteren stärkeren instinctiven Vorstellungen leicht wieder getrübt.

7.

Die bezeichnete Schwierigkeit wird besonders bei folgender Ueberlegung empfunden. In dem Complex A B C . . . , den wir als Körperwelt bezeichnet haben, finden wir als

Theil nicht nur unsern Leib K L M . . . . , sondern auch die Leiber anderer Menschen (oder Thiere) K' L' M' . . . . , K'' L'' M'' . . . . , an welche wir nach der Analogie dem Complex $\alpha\ \beta\ \gamma$ . . . . ähnliche $\alpha'\ \beta'\ \gamma'$ . . . . , $\alpha''\ \beta''\ \gamma''$ . . . . gebunden denken. So lange wir uns mit K' L' M' . . . . beschäftigen, befinden wir uns in einem uns vollständig geläufigen, uns überall sinnlich zugänglichem Gebiet. Sobald wir aber nach den Empfindungen oder Gefühlen fragen, die dem Leib K' L' M' . . . . zugehören, finden wir dieselben in dem sinnlichen Gebiet nicht mehr vor, wir *denken* sie hinzu. Nicht nur das Gebiet, auf welches wir uns da begeben, ist uns viel weniger geläufig, sondern auch der Uebergang auf dasselbe ist verhältnissmässig unsicher. Wir haben das Gefühl, als sollten wir uns in einen Abgrund stürzen [4]). Wer immer *nur diesen* Gedankenweg einschlägt, wird das Gefühl der Unsicherheit, das als Quelle von Scheinproblemen sehr ergiebig ist, nie vollständig los werden.

Wir sind aber auf diesen Weg nicht beschränkt. Wir betrachten zunächst den gegenseitigen Zusammenhang der

---

4) Als ich in einem Alter von 4—5 Jahren zum erstenmal vom Lande nach Wien kam, und von meinem Vater auf die Bastei (die ehemalige Stadtmauer) geführt wurde, war ich sehr überrascht, im Stadtgraben unten Menschen zu sehen, und konnte nicht begreifen, wie dieselben von meinem Standpunkt aus hatten hinunter gelangen können, denn der Gedanke eines andern möglichen Weges kam mir gar nicht in den Sinn. Dieselbe Ueberraschung beobachtete ich nochmals an meinem etwa 3jährigen Knaben bei Gelegenheit eines Spazierganges auf der Prager Stadtmauer. Dieses Gefühls erinnerte ich mich jedesmal bei der im Text bezeichneten Ueberlegung, und gern gestehe ich, dass mein zufälliges Erlebniss bei Befestigung meiner vor langer Zeit gefassten Ansicht über diesen Punkt wesentlich mitgewirkt hat. Die Gewohnheit, materiell und psychisch stets dieselben Wege zu gehen, wirkt sehr desorientirend. Ein Kind kann beim Durchbrechen einer Wand im längst bewohnten Hause eine wahre Erweiterung der Weltanschauung empfinden, und eine kleine wissenschaftliche Wendung kann sehr aufklärend wirken.

Elemente des Complexes A B C . . . . ohne auf K L M . . . . (unsern Leib) zu achten. Jede physikalische Untersuchung ist von dieser Art. Eine weisse Kugel fällt auf eine Glocke; es klingt. Die Kugel wird gelb vor der Natrium-, roth vor der Lithiumlampe. Hier scheinen die Elemente (A B C . . . .) nur untereinander zusammenzuhängen, von unserm Leib (K L M . . . .) unabhängig zu sein. Nehmen wir aber Santonin ein, so wird die Kugel auch gelb. Drücken wir ein Auge seitwärts, so sehen wir zwei Kugeln. Schliessen wir die Augen ganz, so ist gar keine Kugel da. Durchschneiden wir den Gehörnerv, so klingt es nicht. Die Elemente A B C . . . . hängen also nicht nur untereinander sondern auch mit K L M . . . . zusammen. Insofern, und nur insofern, nennen wir A B C . . . . Empfindungen, und betrachten wir A B C . . . . als zum Ich gehörig. Auf diesem Wege finden wir also nicht die vorher bezeichnete Kluft zwischen Körpern und Empfindungen, zwischen aussen und innen, zwischen der materiellen und geistigen Welt[5]. Alle Elemente A B C . . . . K L M . . . . bilden nur eine zusammenhängende Masse, welche an jedem Element angefasst ganz in Bewegung geräth, nur dass eine Störung bei K L M . . . . viel weiter und tiefer greift, als bei A B C . . . . Ein Magnet in unserer Umgebung stört die benachbarten Eisenmassen, ein stürzendes Felsstück erschüttert den Boden, das Durchschneiden eines Nerven aber bringt das ganze System von Elementen in Bewegung[6].

---

5) Vergl. meine Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig. Engelmann 1875. S. 54.

6) Ganz unwillkürlich führt dies Verhältniss zu dem Bilde einer zähen Masse, welche an mancher Stelle (dem Ich) fester zusammenhängt. Oft habe ich mich dieses Bildes im Vortrage bedient.

8.

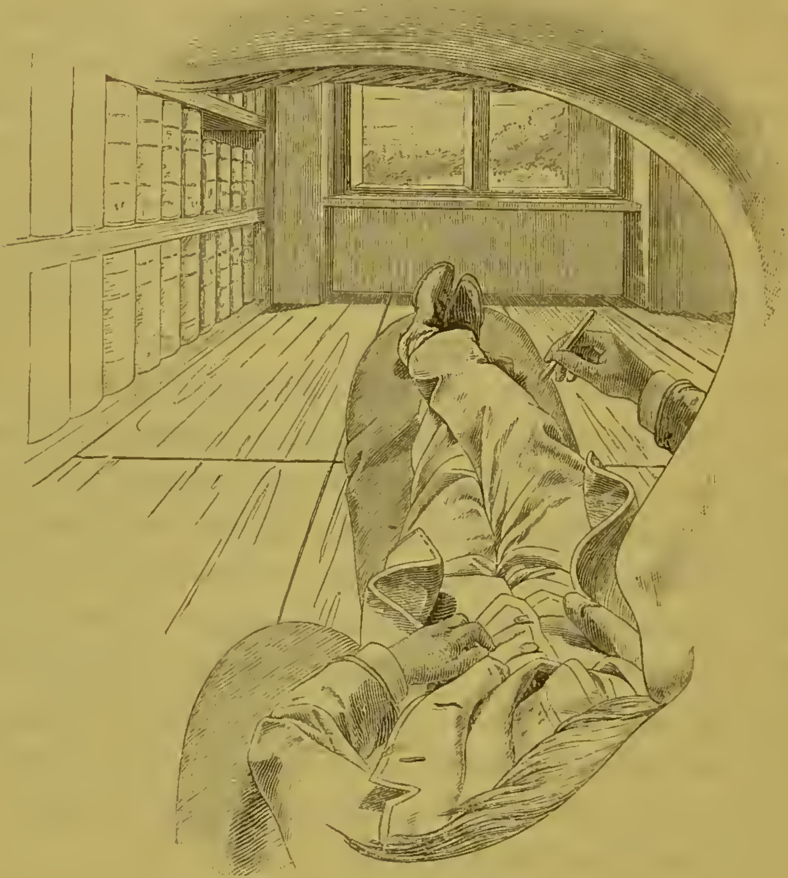
So besteht also die grosse Kluft zwischen physikalischer und psychologischer Forschung nur für die gewohnte stereotype Betrachtungsweise. Eine Farbe ist ein physikalisches Object, sobald wir z. B. auf ihre Abhängigkeit von der beleuchtenden Lichtquelle (andern Farben, Wärmen, Räumen u. s. w.) achten. Achten wir aber auf ihre Abhängigkeit von der Netzhaut (den Elementen K L M . . . .) so ist sie ein psychologisches Object, eine Empfindung. Nicht der Stoff sondern die Untersuchungsrichtung ist in beiden Gebieten verschieden.

Sowohl wenn wir von der Beobachtung fremder Menschen- oder Thierleiber auf deren Empfindungen schliessen, als auch, wenn wir den Einfluss des eigenen Leibes auf unsere Empfindungen untersuchen, müssen wir eine beobachtete Thatsache durch Analogie ergänzen. Diese Ergänzung fällt aber viel sicherer und leichter aus, wenn sie etwa nur den Nervenvorgang betrifft, den man am eignen Leib nicht vollständig beobachten kann, wenn sie also in dem geläufigern physikalischen Gebiet spielt, als wenn sich die Ergänzung auf Psychisches erstreckt. Sonst besteht kein wesentlicher Unterschied.

9.

Die dargelegten Gedanken erhalten eine grössere Festigkeit und Anschaulichkeit, wenn man dieselben nicht bloss in abstracter Form ausspricht, sondern direkt die Thatsachen in's Auge fasst, welchen sie entspringen. Liege ich z. B. auf einem Ruhebett, und schliesse das rechte Auge, so bietet sich meinem linken Auge das Bild der umstehenden Figur 1. In einem durch den Augenbrauenbogen, die Nase und den Schnurrbart gebildeten Rahmen erscheint ein Theil meines

Körpers, so weit er sichtbar ist, und dessen Umgebung[7]). Mein Leib unterscheidet sich von den andern menschlichen



Figur 1.

Leibern nebst dem Umstande, dass jede lebhaftere Bewegungsvorstellung sofort in dessen Bewegung ausbricht, dass dessen Berührung auffallendere Veränderungen bedingt als jene anderer Körper, dadurch dass er nur theilweise und insbesondere ohne Kopf gesehen wird. Beobachte ich ein Element

7) Von dem binocularen Gesichtsfeld, das mit seiner eigenthümlichen Stereoscopie jedermann geläufig ist, das aber schwieriger zu beschreiben und durch eine ebene Zeichnung nicht darstellbar ist, wollen wir hier absehen.

A im Gesichtsfelde, und untersuche dessen Zusammenhang mit einem andern Element B desselben Feldes, so komme ich aus dem Gebiet der Physik in jenes der Physiologie oder Psychologie, wenn B, um den treffenden Ausdruck anzuwenden, den ein Freund beim Anblick dieser Zeichnung gelegentlich gebraucht hat[8]), die Haut passirt. Aehnliche Ueberlegungen wie für das Gesichtsfeld lassen sich für das Tastfeld und die Wahrnehmungsfelder der übrigen Sinne anstellen[9]).

10.

Es ist schon auf die Verschiedenheit der Elementengruppen, die wir mit A B C . . . . und $\alpha\ \beta\ \gamma$ . . . . bezeichnet haben, hingewiesen worden. In der That, wenn wir einen grünen Baum vor uns sehen, oder uns an den grünen Baum erinnern, uns denselben vorstellen, so wissen wir diese beiden Fälle ganz wohl zu unterscheiden. Der vorgestellte Baum hat eine viel weniger bestimmte viel mehr veränderliche Gestalt, sein Grün ist viel matter und flüchtiger, und er erscheint vor allem deutlich in einem anderen Feld. Eine Bewegung, die wir ausführen wollen, ist immer nur eine vorgestellte Bewegung, und erscheint in einem andern Feld als die ausgeführte Bewegung, welche übrigens immer erfolgt, wenn die Vorstellung lebhaft genug

8) Herr Ingenieur J. Popper in Wien.

9) Zur Entwerfung dieser Zeichnung bin ich vor etwa 17 Jahren durch einen drolligen Zufall veranlasst worden. Ein nunmehr verstorbener Herr v. L., dessen wahrhaft liebenswürdiger Character über manche Excentricität hinweg half, nöthigte mich eine Schrift von Krause zu lesen. In derselben findet sich folgende Stelle:

„Aufgabe: Die Selbstschauung „Ich“ auszuführen.
Auflösung: Man führt sie ohne weiters aus.“

Um nun dieses philosophische „Viel Lärm um Nichts“ scherzhaft zu illustriren, und zugleich zu zeigen, wie man wirklich die Selbstschauung „Ich“ ausführt, entwarf ich die obige Zeichnung.

wird. Die Elemente A oder α erscheinen in einem verschiedenen Feld, heisst nun, wenn man auf den Grund geht, nichts anderes, als dass sie mit verschiedenen andern Elementen verknüpft sind. So weit wären also die Grundbestandtheile in A B C .... $\alpha\,\beta\,\gamma$ dieselben (Farben, Töne, Räume, Zeiten, Bewegungsempfindungen, Innervationen . . . .), und nur die Art ihrer Verbindung verschieden.

Schmerz und Lust pflegt man als von den Sinnesempfindungen verschieden zu betrachten. Allein nicht nur die Tastempfindungen sondern auch alle übrigen Sinnesempfindungen können allmälig in Schmerz und Lust übergehen. Auch Schmerz und Lust können mit Recht Empfindungen genannt werden. Sie sind nur nicht so gut analysirt und so geläufig als die Sinnesempfindungen. Schmerz- und Lustempfindungen, mögen sie noch so schattenhaft auftreten, bilden auch den wesentlichen Inhalt aller sogenannten Gefühle. Somit setzen sich die Wahrnehmungen so wie die Vorstellungen, der Wille, die Gefühle, kurz die ganze innere und äussere Welt, aus einer geringen Zahl von gleichartigen Elementen in bald flüchtigerer bald festerer Verbindung zusammen. Man nennt diese Elemente gewöhnlich Empfindungen. Da aber in diesem Namen schon eine einseitige Theorie liegt, so ziehn wir vor, kurzweg von Elementen zu sprechen, wie wir schon gethan haben. Alle Forschung geht auf die Ermittlung der Verknüpfung dieser Elemente aus [10]).

11.

Dass aus diesem Elementencomplex, welcher im Grunde nur einer ist, die Körper und das Ich sich nicht in be-

10) Vergl. die allgemeine Anmerkung am Schluss meiner Schrift: Die Geschichte und die Wurzel des Satzes der Erhaltung der Arbeit. Prag. Calve 1872.

stimmter für alle Fälle zureichender Weise abgrenzen lassen, wurde schon gesagt. Die Zusammenfassung der mit Schmerz und Lust am nächsten zusammenhängenden Elemente zu einer ideellen denkökonomischen Einheit, dem Ich, hat die höchste Bedeutung für den im Dienste des schmerzmeidenden und lustsuchenden Willens stehenden Intellect. Die Abgrenzung des Ich stellt sich daher instinctiv her, wird geläufig und befestigt sich vielleicht sogar durch Vererbung. Durch ihre hohe *praktische* Bedeutung nicht nur für das Individuum sondern für die ganze Art machen sich die Zusammenfassungen „Ich“ und „Körper“ instinctiv geltend, und treten mit elementarer Gewalt auf. In *besondern* Fällen aber, in welchen es sich nicht um praktische Zwecke handelt, sondern die Erkenntniss Selbstzweck wird, kann sich diese Abgrenzung als ungenügend, hinderlich, unhaltbar erweisen[11]).

Nicht das Ich ist das Primäre, sondern die Elemente (Empfindungen). Die Elemente *bilden* das Ich. *Ich* empfinde Grün, will sagen, dass das Element Grün in einem gewissen Complex von andern Elementen (Empfindungen, Erinnerungen) vorkommt. Wenn *ich* aufhöre Grün zu empfinden, wenn *ich* sterbe, so kommen die Elemente nicht mehr

---

11) So kann auch das Standesbewusstsein und das Standesvorurtheil, das Gefühl für Nationalität, der bornirteste Localpatriotismus für gewisse *Zwecke* sehr wichtig sein. Solche Anschauungen werden aber gewiss nicht den weitblickenden Forscher auszeichnen, wenigstens nicht im Momente des Forschens. Alle diese egoistischen Anschauungen reichen nur für praktische Zwecke aus. Natürlich kann der Gewohnheit auch der Forscher unterliegen. Die kleinen gelehrten Lumpereien, das schlaue Benützen und das perfide Verschweigen, die Schlingbeschwerden bei dem unvermeidlichen Worte der Anerkennung und die schiefe Beleuchtung der fremden Leistung bei dieser Gelegenheit zeigen hinlänglich, dass auch der Forscher den Kampf ums Dasein kämpft, dass auch die Wege der Wissenschaft noch zum Munde führen, und dass der *reine* Erkenntnisstrieb bei unsern heutigen socialen Verhältnissen noch ein Ideal ist.

in der gewohnten geläufigen Gesellschaft vor. Damit ist alles gesagt. Nur eine ideelle denkökonomische, keine reelle Einheit hat aufgehört zu bestehen [12]).

Genügt uns die Kenntniss des Zusammenhanges der Elemente (Empfindungen) nicht, und fragen wir, „wer hat diesen Zusammenhang der Empfindungen, wer empfindet“?, so unterliegen wir der alten Gewohnheit, jedes Element (jede Empfindung) einem unanalysirten Complex einzuordnen, wir sinken hiermit unvermerkt auf einen älteren tiefern und beschränkteren Standpunkt zurück [13]).

---

12) Das Ich ist keine unveränderliche bestimmte scharf begrenzte Einheit. Nicht auf die Unveränderlichkeit, nicht auf die bestimmte Unterscheidbarkeit von andern und nicht auf die scharfe Begrenzung kommt es an, denn alle diese Momente variiren schon im individuellen Leben von selbst, und deren Veränderung wird vom Individuum sogar angestrebt. Wichtig ist nur die Continuität. Diese Ansicht stimmt vortrefflich mit derjenigen, zu welcher kürzlich Weismann durch biologische Untersuchungen (zur Frage der Unsterblichkeit der Einzelligen. Biolog. Centralblatt, IV Bd. Nr. 21, 22) gelangt ist. (Vergl. besonders S, 654 und 655, wo von der Theilung des Individuums in zwei gleiche Hälften die Rede ist.) Die Continuität ist aber nur ein Mittel den Inhalt des Ich vorzubereiten und zu sichern. Dieser Inhalt und nicht das Ich ist die Hauptsache. Dieser ist aber nicht auf das Individuum beschränkt. Bis auf geringfügige werthlose persönliche Erinnerungen bleibt er auch nach dem Tode des Individuums in andern erhalten. Das Ich ist unrettbar. Theils diese Einsicht, theils die Furcht vor derselben, führen zu den absonderlichsten pessimistischen und optimistischen, religiösen und philosophischen Verkehrtheiten. Der einfachen Wahrheit, welche sich aus der psychologischen Analyse ergibt, wird man sich auf die Dauer nicht verschliessen können. Man wird dann auf das Ich, welches schon während des individuellen Lebens vielfach variirt, ja im Schlaf und bei Versunkenheit in eine Anschauung, in einen Gedanken, gerade in den glücklichsten Augenblicken, theilweise oder ganz fehlen kann, nicht mehr den hohen Werth legen. Man wird dann auf individuelle Unsterblichkeit gern verzichten, und nicht auf das Nebensächliche mehr Werth legen als auf die Hauptsache. Man wird hierdurch zu einer freieren und verklärten Lebensauffassung gelangen, welche Missachtung des fremden Ich und Ueberschätzung des eigenen ausschliesst.

13) Die Gewohnheit, den unanalysirten Ich-Complex als eine untheil-

Man komme uns nicht mit der sogenannten Einheit des Bewusstseins. Da der scheinbare Gegensatz der wirklichen und der empfundenen Welt nur in der Betrachtungsweise liegt, eine eigentliche Kluft aber nicht existirt, so ist ein mannigfaltiger zusammenhängender Inhalt des Bewusstseins um nichts schwerer zu verstehen als der mannigfaltige Zusammenhang in der Welt.

Wollte man das Ich als eine reale Einheit ansehen, so käme man nicht aus dem Dilemma heraus, entweder eine Welt von unerkennbaren Wesen demselben gegenüberzustellen (was ganz müssig und ziellos wäre), oder die ganze Welt, die Ich anderer Menschen eingeschlossen, nur als in unserm Ich enthalten anzusehen (wozu man sich ernstlich schwer entschliessen wird).

---

bare Einheit zu behandeln, äussert sich wissenschaftlich oft in eigenthümlicher Weise. Aus dem Leibe wird zunächst das Nervensystem als Sitz der Empfindungen ausgesondert. In dem Nervensystem wählt man wieder das Hirn als hiezu geeignet aus, und sucht schliesslich, die vermeintliche psychische Einheit zu retten, im Hirn noch nach einem Punkt als Sitz der Seele. So rohe Anschauungen werden aber schwerlich geeignet sein, auch nur in den gröbsten Zügen die Wege der künftigen Untersuchung über den Zusammenhang des Physischen und Psychischen vorzuzeichnen. Dass die verschiedenen Organe der Empfindung und der Erinnerung mit einander physisch zusammenhängen und durch einander leicht erregt werden können, ist wahrscheinlich die Grundlage der „psychischen Einheit". Ich hörte einmal ernstlich die Frage discutiren: „Wieso die Wahrnehmung eines grossen Baumes in dem kleinen Kopfe des Menschen Platz fände"? Besteht auch dieses Problem nicht, so wird doch durch die Frage die Verkehrtheit fühlbar, die man leicht begeht, indem man sich die Empfindungen räumlich in das Hirn hineindenkt. Ist von den Empfindungen eines andern Menschen die Rede, so haben diese in meinem optischen oder überhaupt physischen Raum natürlich gar nichts zu schaffen; sie sind hinzugedacht, und ich denke sie causal, aber nicht räumlich an das beobachtete oder vorgestellte Menschenhirn gebunden. Spreche ich von meinen Empfindungen, so sind dieselben nicht räumlich in meinem Kopfe, sondern mein „Kopf" theilt vielmehr mit ihnen dasselbe räumliche Feld, wie es oben dargestellt wurde. (Vergl. das über Fig. 1 Gesagte.)

Fasst man aber ein Ich nur als eine praktische Einheit für eine vorläufige orientirende Betrachtung, als eine stärker zusammenhängende Gruppe von Elementen, welche mit andern Gruppen dieser Art schwächer zusammenhängt, so treten Fragen dieser Art gar nicht auf, und die Forschung hat freie Bahn.

In seinen philosophischen Bemerkungen sagt Lichtenberg: „Wir werden uns gewisser Vorstellungen bewusst, die nicht von uns abhängen; andere, glauben wir wenigstens, hingen von uns ab; wo ist die Grenze? Wir kennen nur allein die Existenz unserer Empfindungen, Vorstellungen und Gedanken. Es denkt, sollte man sagen, so wie man sagt: es blitzt. Zu sagen cogito, ist schon zu viel, sobald man es durch Ich denke übersetzt. Das Ich anzunehmen, zu postuliren, ist praktisches Bedürfniss“. Mag auch der Weg, auf dem Lichtenberg zu diesem Resultate gelangt, von dem unsrigen etwas verschieden sein, dem Resultate selbst müssen wir zustimmen.

12.

Nicht die Körper erzeugen Empfindungen, sondern Empfindungscomplexe (Elementencomplexe) bilden die Körper. Erscheinen dem Physiker die Körper als das Bleibende, Wirkliche, die Empfindungen hingegen als ihr flüchtiger vorübergehender Schein, so vergisst er, dass alle Körper nur Gedankensymbole für Empfindungscomplexe (Elementencomplexe) sind. Die eigentliche nächste und letzte Grundlage, welche durch physiologische Untersuchungen noch weiter zu erforschen ist, bilden auch hier die bezeichneten Elemente. Durch diese Einsicht gestaltet sich in der Psychologie und in der Physik manches viel durchsichtiger und öconomischer,

und durch dieselbe werden manche vermeintlichen Probleme beseitigt.

Die Welt besteht also für uns nicht aus räthselhaften Wesen, welche durch Wechselwirkung mit einem andern ebenso räthselhaften Wesen, dem Ich, die allein zugänglichen Empfindungen erzeugen. Die Farben, Töne, Räume, Zeiten ... sind für uns die letzten Elemente, deren gegebenen Zusammenhang wir zu erforschen haben[14]. Bei dieser

---

14) Ich habe es stets als besonderes Glück empfunden, dass mir sehr früh (in einem Alter von 15 Jahren etwa) in der Bibliothek meines Vaters Kant's „Prolegomena zu jeder künftigen Metaphysik" in die Hand fielen. Diese Schrift hat damals einen gewaltigen unauslöschlichen Eindruck auf mich gemacht, den ich in gleicher Weise bei späterer philosophischer Lectüre nie mehr fühlte. Etwa zwei oder drei Jahre später empfand ich plötzlich die müssige Rolle, welche das „Ding an sich" spielt. An einem heitern Sommertage im Freien erschien mir einmal die Welt sammt meinem Ich als eine zusammenhängende Masse von Empfindungen, nur im Ich stärker zusammenhängend. Obgleich die eigentliche Reflexion sich erst später hinzugesellte, so ist doch dieser Moment für meine ganze Anschauung bestimmend geworden. Uebrigens habe ich noch einen langen und harten Kampf gekämpft, bevor ich im Stande war, die gewonnene Ansicht auch in meinem Specialgebiete festzuhalten. Man nimmt mit dem Werthvollen der physikalischen Lehren nothwendig eine bedeutende Dosis falscher Metaphysik auf, welche von dem, was beibehalten werden muss, recht schwer los geht, gerade dann, wenn diese Lehren geläufig geworden. Auch die überkommenen instinctiven Auffassungen traten zeitweilig mit grosser Gewalt hervor, und stellten sich hemmend in den Weg. Erst durch abwechselnde Beschäftigung mit Physik und Physiologie der Sinne, sowie durch historisch-physikalische Studien habe ich (etwa seit 1863), nachdem ich den Widerstreit noch durch eine physikalisch-psychologische Monadologie vergeblich zu lösen versucht hatte, in meinen Ansichten eine grössere Festigkeit erlangt. Ich mache keinen Anspruch auf den Namen eines Philosophen. Ich wünsche nur in der Physik einen Standpunkt einzunehmen, den man nicht sofort zu wechseln braucht, wenn man in das Gebiet einer andern Wissenschaft hinüberblickt, da schliesslich doch alle ein Ganzes bilden sollen. Die heutige Molekularphysik entspricht dieser Forderung entschieden nicht. Was ich sage, habe ich vielleicht nicht zuerst gesagt. Ich will meine Darlegung auch nicht als eine besondere Leistung hinstellen. Vielmehr glaube ich, dass jeder beiläufig denselben Weg einschlagen wird, der in besonnener Weise auf

Forschung können wir uns durch die für besondere praktische temporäre und beschränkte Zwecke gebildeten Zusammenfassungen und Abgrenzungen (Körper, Ich, Materie, Geist . . . .) nicht hindern lassen. Vielmehr müssen sich bei der Forschung selbst, wie dies in jeder Specialwissenschaft geschieht, die zweckmässigsten Denkformen erst ergeben. Es muss durchaus an die Stelle der überkommenen instinctiven eine freiere, naivere, der entwickelten Erfahrung sich anpassende Auffassung treten.

13.

Die Wissenschaft entsteht immer durch einen Anpassungsprocess der Gedanken an ein bestimmtes Erfahrungsgebiet. Das Resultat des Processes sind die Gedankenelemente, welche das ganze Gebiet darzustellen vermögen. Das Resultat fällt natürlich verschieden aus, je nach der Art und der Grösse des Gebietes. Erweitert sich das Erfahrungsgebiet, oder vereinigen sich mehrere bisher getrennte Gebiete, so reichen die überkommenen geläufigen Gedankenelemente für das erweiterte Gebiet nicht mehr aus. Im Kampfe der erworbenen Gewohnheit mit dem Streben nach Anpassung entstehen die Probleme, welche mit der voll-

---

einem nicht zu beschränkten Wissensgebiet Umschau hält. Meinem Standpunkt nahe liegt jener von Avenarius, den ich kürzlich kennen gelernt habe (Philosophie als Denken der Welt nach dem Princip des kleinsten Kraftmasses 1876). Auch Hering in seiner Rede über das Gedächtniss (Almanach der Wiener Akademie 1870, S. 258) und J. Popper in dem schönen Buche „das Recht zu leben und die Pflicht zu sterben" Leipzig 1878 S. 62 bewegen sich in ähnlichen Gedanken. Vergl. auch meine Rede „über die öconomische Natur der physikalischen Forschung" (Almanach der Wiener Akademie 1882, S. 179 Anmerkung). Endlich muss ich hier noch auf die Einleitung zu W. Preyer's, „reine Empfindungslehre" sowie auf Riehl's Freiburger Antrittsrede S. 40 hinweisen. Und wahrscheinlich müsste ich noch viel mehr oder weniger Verwandtes anführen, wenn ich eine ausgebreitetere Literaturkenntniss hätte.

endeten Anpassung verschwinden, um andern, die einstweilen auftauchten, Platz zu machen.

Dem blossen Physiker erleichtert der Gedanke eines Körpers die Orientirung, ohne störend zu werden. Wer rein praktische Zwecke verfolgt, wird durch den Gedanken des Ich wesentlich unterstützt. Denn ohne Zweifel behält jede Denkform, welche unwillkürlich oder willkürlich für einen besondern Zweck gebildet wurde, für eben diesen Zweck einen bleibenden Werth. Sobald aber Physik und Psychologie sich berühren, zeigen sich die Gedanken des einen Gebietes als unhaltbar in dem andern. Dem Bestreben der gegenseitigen Anpassung entspringen die mannigfaltigen Atom- und Monadentheorieen, ohne doch ihrem Zweck genügen zu können. Die Probleme erscheinen im Wesentlichen beseitigt, die erste und wichtigste Anpassung demnach ausgeführt, wenn wir die Empfindungen (in dem oben bezeichneten Sinne) als Weltelemente ansehen. Diese Grundanschauung kann (ohne sich als eine Philosophie für die Ewigkeit auszugeben) gegenwärtig allen Erfahrungsgebieten gegenüber festgehalten werden, sie ist also diejenige, welche mit dem geringsten Aufwand, öconomischer als eine andere, dem temporären Gesammtwissen gerecht wird. Diese Grundanschauung tritt auch im Bewusstsein ihrer lediglich öconomischen Function mit der höchsten Toleranz auf. Sie drängt sich nicht auf in Gebieten, in welchen die gangbaren Anschauungen noch ausreichen. Sie ist auch stets bereit, bei neuerlicher Erweiterung des Erfahrungsgebietes einer besseren zu weichen.

Der philosophische Standpunkt des gemeinen Mannes, wenn man dessen naivem Realismus diesen Namen zuerkennen will, hat Anspruch auf die höchste Werthschätzung. Derselbe hat sich ohne das absichtliche Zuthun des Menschen in unmessbar langer Zeit ergeben; er ist ein Naturproduct

und wird durch die Natur erhalten. Alles was die Philosophie geleistet hat, — die biologische Berechtigung jeder Stufe, ja jeder Verirrung zugestanden — ist dagegen nur ein unbedeutendes ephemeres Kunstprodukt. Und wirklich sehen wir jeden Denker, jeden Philosophen, sobald er durch praktische Bedrängniss aus seiner einseitigen intellectuellen Beschäftigung vertrieben wird, sofort den allgemeinen Standpunkt einnehmen.

Die „Vorbemerkungen" suchen auch keineswegs diesen Standpunkt zu discreditiren. Dieselben stellen sich nur die Aufgabe zu zeigen, warum und zu welchem Zweck wir den grössten Theil des Lebens diesen Standpunkt einnehmen, und warum, zu welchem Zweck und in welcher Richtung wir denselben vorübergehend verlassen müssen. Kein Standpunkt hat eine absolute bleibende Geltung; jeder ist nur wichtig für einen bestimmten Zweck.





Die Hauptgesichtspunkte für die Untersuchung der Sinne.

1.

Wir versuchen nun von dem gewonnenen Standpunkte einen orientirenden Ausblick für unsern besonderen Zweck.

Hat der forschende Intellect durch Anpassung die Gewohnheit erworben, zwei Dinge A und B in Gedanken zu verbinden, so sucht derselbe diese Gewohnheit auch unter etwas veränderten Umständen nach Möglichkeit festzuhalten. Ueberall wo A auftritt, wird B hinzugedacht. Man kann das sich hierin aussprechende Princip, welches in dem Streben nach Oeconomie seine Wurzel hat, welches bei den grossen Forschern besonders klar hervortritt, das Princip der Stetigkeit oder Continuität nennen.

Jede thatsächlich beobachtete Variation in der Verbindung von A und B, welche gross genug ist, um bemerkt zu werden, macht sich aber als Störung der bezeichneten Gewohnheit geltend, so lange, bis die letztere genügend modificirt ist, um diese Störung nicht mehr zu empfinden. Man hätte z. B. sich gewöhnt, das auf die Grenze von Luft und Glas einfallende Licht abgelenkt zu sehen. Die Ablenkungen variiren aber von Fall zu Fall in merklicher Weise, und man kann die an einigen Fällen gewonnene Gewohnheit so lange nicht ungestört auf neu vorkommende Fälle übertragen,

bis man im Stande ist, jedem besondern Einfallswinkel A einen besondern Brechungswinkel B zuzuordnen, was durch Auffindung des sogenannten Brechungsgesetzes, beziehungsweise durch Geläufigwerden der in demselben enthaltenen Regel, erreicht ist. Es tritt also dem Princip der Stetigkeit ein anderes Princip modificirend entgegen; wir wollen es das Princip der zureichenden Bestimmtheit oder der zureichenden Differenzirung nennen.

Das Zusammenwirken beider Principien lässt sich nun durch weitere Ausführung des berührten Beispieles recht gut erläutern. Um den Thatsachen gerecht zu werden, welche bei Aenderung der Farbe des Lichtes auftreten, hält man den Gedanken des Brechungsgesetzes fest, muss aber jeder besondern Farbe einen besonderen Brechungsexponenten zuordnen. Bald merkt man dann, dass man auch jeder besondern Temperatur einen besondern Brechungsexponenten zuordnen muss u. s. w.

Dieser Process führt schliesslich zur zeitweiligen Beruhigung und Befriedigung, indem die beiden Dinge A und B so verbunden gedacht werden, dass jeder der augenblicklichen Erfahrung zugänglichen Aenderung des einen eine zugehörige Aenderung des andern entspricht. Es kann der Fall eintreten, dass sowohl A als B sich als Complexe von Bestandtheilen darstellen, und dass jeder Bestandtheil von A einem Bestandtheil von B zugeordnet ist. Dies findet z. B. statt, wenn B ein Spectrum und A die zugehörige Probe eines Gemenges ist, wobei je einem Bestandtheil des Spectrums je ein Bestandtheil der vor dem Spectralapparat verflüchtigten Probe unabhängig von den übrigen zugeordnet ist. Erst durch die vollständige Geläufigkeit dieses Verhältnisses kann dem Princip der zureichenden Bestimmtheit entsprochen werden.

2.

Stellen wir uns nun vor, wir betrachten eine Farbenempfindung B nicht in ihrer Abhängigkeit von der glühenden Probe A, sondern in ihrer Abhängigkeit von den Elementen des Netzhautprocesses N. Hierdurch ist nicht die Art, sondern nur die Richtung der Orientirung geändert, alles eben Besprochene verliert dadurch nicht seine Geltung, und die zu befolgenden Grundsätze bleiben dieselben. Und dies gilt natürlich für alle Empfindungen.

Die Empfindung kann nun an sich, unmittelbar, psychologisch analysirt werden (wie dies Joh. Müller gethan hat), oder es können die ihr zugeordneten physikalischen (physiologischen) Processe nach den Methoden der Physik untersucht werden (wie dies vorzugsweise die moderne Physiologenschule thut), oder endlich (was am weitesten führen wird, weil hierbei die Beobachtung an allen Punkten angreift, und eine Untersuchung die andere stützt) kann der Zusammenhang des psychologisch Beobachtbaren mit dem zugehörigen physikalischen (physiologischen) Process verfolgt werden. Dieses letztere Ziel streben wir überall an, wo es erreichbar scheint.

Mit diesem Ziel im Auge werden wir dem Princip der Continuität und jenem der zureichenden Bestimmtheit nur genügen können, wenn wir dem gleichen B (irgend einer Empfindung) immer und überall nur das gleiche N (denselben Nervenprocess) zuschreiben, zu jeder beobachtbaren Aenderung von B aber eine entsprechende Aenderung von N auffinden. Können wir B psychologisch in mehrere von einander unabhängige Bestandtheile zerlegen, so können wir nur in der Auffindung ebensolcher den ersteren entsprechender Bestandtheile in N Beruhigung finden. Mit einem Worte, zu allen psychisch beobachtbaren Einzelheiten von

B haben wir die zugeordneten physikalischen Einzelheiten von N aufzusuchen.

Wir können also einen leitenden Grundsatz für die Untersuchung aufstellen, der als Princip des vollständigen Parallelismus des Psychischen und Physischen bezeichnet werden mag. Nach unserer Grundanschauung, welche eine Kluft zwischen den beiden Gebieten (des Psychischen und Physischen) gar nicht anerkennt, ist dieses Princip beinahe selbstverständlich, kann aber auch ohne Hilfe dieser Grundanschauung als heuristisches Princip aufgestellt werden, wie ich dies vor Jahren gethan habe [15]).

3.

Zur Erläuterung des vielleicht etwas zu abstract ausgesprochenen Grundsatzes mögen sofort einige Beispiele dienen. Ueberall wo ich Raum empfinde, ob durch das Gesicht, den Tastsinn oder auf andere Weise, werde ich einen in allen Fällen gleichartigen Nervenprocess als vorhanden anzunehmen haben. Für alle Zeitempfindung supponire ich gleiche Nervenprocesse.

Sehe ich gleiche verschiedenfarbige Gestalten, so suche ich neben den verschiedenen Farbenempfindungen besondere gleiche Raumempfindungen und zugehörige gleiche Nervenprocesse. Sind zwei Gestalten ähnlich (liefern sie theilweise gleiche Raumempfindungen), so enthalten auch die zugehörigen

15) Vergl. meine Abhandlung „über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut“ (Sitzungsbericht der Wiener Akademie Bd. 52 Jahrg. 1865). Ferner: Reichert's und Dubois' Archiv 1865, S. 634 und Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig. Engelmann 1875. S. 63. — Auch in meiner Ausführung in Fichte's Zeitschrift für Philosophie, Bd. 46, Jahrg. 1865, S. 5 ist der Grundsatz implicite schon enthalten.

Nervenprocesse theilweise gleiche Bestandtheile. Haben zwei verschiedene Melodien gleichen Rhythmus, so besteht neben den verschiedenen Tonempfindungen in beiden Fällen eine gleiche Zeitempfindung mit gleichen zugehörigen Processen. Sind zwei Melodien in verschiedener Tonlage gleich, so haben die Tonempfindungen und ihre physikalischen Bedingungen trotz der ungleichen Tonhöhe gleiche Bestandtheile. Kann die scheinbar unbegrenzte Mannigfaltigkeit der Farbenempfindungen durch psychologische Analyse (Selbstbeobachtung) auf 6 Elemente (Grundempfindungen) reducirt werden, so dürfen wir die gleiche Vereinfachung für das System der Nervenprocesse erwarten. Zeigt sich das System der Raumempfindungen als eine dreifache Mannigfaltigkeit, so wird sich auch das System der zugeordneten Nervenprocesse als eine solche darstellen.

4.

Dieses Princip ist übrigens mehr oder weniger bewusst, mehr oder weniger consequent stets befolgt worden. Wenn z. B. Helmholtz[16]) für jede Tonempfindung eine besondere Nervenfaser (mit dem zugehörigen Process) statuirt, wenn er den Klang in Tonempfindungen auflöst, die Verwandtschaft der Klänge auf den Gehalt an gleichen Tonempfindungen (und Nervenprocessen) zurückführt, so liegt hierin eine Bethätigung des ausgesprochenen Principes. Die Anwendung ist nur keine vollständige, wie später gezeigt werden soll. Brewster[17]) liess sich durch eine, wenn

16) Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen. Braunschweig. Vieweg. 1863.

17) Brewster, a treatise on optics. London 1831. Brewster denkt sich das rothe, das gelbe und das blaue Licht über das ganze Sonnenspectrum reichend, jedoch in verschiedener Intensität vertheilt, so

auch mangelhafte, psychologische Analyse der Farbenempfindungen und unvollkommene physikalische Versuche[18]) geleitet, zu der Ansicht führen, dass den drei Empfindungen Roth, Gelb, Blau entsprechend auch physikalisch nur drei Lichtsorten existiren, und dass demnach die Newton'sche Annahme einer unbegrenzten Anzahl von Lichtsorten mit continuirlich abgestuften Brechungsexponenten falsch sei. Leicht konnte Brewster in den Irrthum verfallen, Grün für eine Mischempfindung zu halten. Hätte er aber überlegt, dass Farbenempfindungen ganz ohne physikalisches Licht auftreten können, so hätte er seine Folgerungen auf den Nervenprocess beschränkt, und Newton's physikalische Aufstellungen, die ebenso wohl begründet sind, unangetastet gelassen. Th. Young hat diesen Fehler verbessert. Er hat erkannt, dass eine unbegrenzte Anzahl physikalischer Lichtsorten von continuirlich abgestuften Brechungsexponenten (und Wellenlängen) mit einer geringen Zahl von Farbenempfindungen und Nervenprocessen vereinbar ist, dass dem Continuum der Ablenkungen im Prisma (dem Continuum der Raumempfindungen) eine discrete Zahl von Farbenempfindungen entspricht. Aber auch Young hat das ausgesprochene Princip nicht mit vollem Bewusstsein und nicht mit strenger Consequenz angewandt, abgesehen davon, dass er sich bei der psychologischen Analyse noch durch physikalische Vorurtheile beirren liess. Auch Young nahm zuerst Roth, Gelb, Blau als Grundempfindungen an, die er später durch

---

dass für das Auge das Roth an beiden Enden (am rothen und violetten), das Gelb in der Mitte, das Blau am brechbareren Ende hervortritt.

18) Brewster meinte nämlich die Nüance von Newton für einfach gehaltener Spectralfarben durch Absorption ändern zu können, was, wenn es richtig wäre, die Newton'sche Anschauung wirklich erschüttern würde. Er experimentirte jedoch, wie Helmholtz (Physiologische Optik) gezeigt hat, mit einem unreinen Spectrum.

einen physikalischen Irrthum Wollaston's verleitet, wie Alfred Mayer (in Hoboken) in einer trefflichen Arbeit gezeigt hat[19]), durch Roth, Grün und Violett ersetzt hat. In welcher Richtung die Theorie der Farbenempfindung zu modificiren ist, welche seither durch Hering einen hohen Grad der Vollendung erreicht hat, habe ich vor Jahren an einem andern Ort angedeutet[20]).

---

19) Philosophical Magazine. February 1876. p. 111. Wollaston beobachtete (1802) zuerst die später nach Fraunhofer benannten dunklen Linien des Sonnenspectrums, und glaubte sein schmales Spectrum durch die stärksten Linien in einen rothen, grünen und violetten Theil getrennt zu sehen. Er hielt diese Linien für Grenzen der physikalischen Farben. Young nahm diese Ansicht an, und setzte an die Stelle seiner Grundempfindungen Roth, Gelb, Blau die Farben Roth, Grün, Violett. Bei der ersteren Aufstellung hielt also Young das Grün für eine Mischempfindung, bei der zweiten aber dieses und Violett für einfach. — Die zweifelhaften Resultate, welche die psychologische Analyse hiernach liefern kann, könnten leicht den Glauben an ihre Brauchbarkeit überhaupt erschüttern. Wir dürfen aber nicht vergessen, dass man bei Anwendung eines jeden Principes in Irrthum verfallen kann. Die Uebung wird auch hier entscheidend sein. Der Umstand, dass die physikalischen Bedingungen der Empfindung fast immer Mischempfindungen auslösen, und die Empfindungsbestandtheile nicht leicht gesondert auftreten, erschwert die psychologische Analyse sehr bedeutend. So ist z. B. Grün eine einfache Empfindung. Ein vorgelegtes Pigment- oder Spectralgrün wird aber in der Regel eine Gelb- oder Blauempfindung miterregen und dadurch die irrthümliche (auf Mischungsergebnissen von Pigmenten beruhende) Ansicht begünstigen, dass die Grünempfindung aus Gelb- und Blauempfindung zusammengesetzt sei. Das sorgfältige physikalische Studium ist also auch bei der psychologischen Analyse nicht zu entbehren. Andrerseits darf man auch die physikalische Erfahrung nicht überschätzen. Die blosse Erfahrung, dass ein gelbes und blaues Pigment gemischt ein grünes Pigment liefert, kann uns allein nicht bestimmen, im Grün Gelb und Blau zu sehen, wenn nicht das eine oder das andere wirklich darin enthalten ist. Sieht doch im Weiss niemand Gelb und Blau, obgleich Spectralgelb und Spectralblau gemischt wirklich Weiss geben.

20) Ich will hier in eine Anmerkung zusammenfassen, was ich heute über die Behandlung der Theorie der Farbenempfindung zu sagen habe. Man findet in neueren Schriften häufig die Angabe, dass die von He-

Die angeführten Beispiele werden genügen, den Sinn des aufgestellten Forschungsgrundsatzes zu erläutern, und

ring acceptirten sechs Grundfarbenempfindungen, Weiss, Schwarz, Roth Grün, Gelb, Blau zuerst von Leonardo da Vinci, nachher von Mach und Aubert aufgestellt worden seien. Dass die Angabe in Bezug auf Leonardo da Vinci auf einem Irrthum beruhe, war mir von vornherein, in Anbetracht der Anschauungen seiner Zeit, höchst wahrscheinlich. Hören wir, was er selbst in seinem „Buche von der Malerei" sagt (Nr. 254 und 255 nach der Uebersetzung von Heinrich Ludwig, Quellenschriften zur Kunstgeschichte. Wien, Braumüller 1882. Bd. XVIII). „254. Der einfachen Farben sind sechs. Die erste davon ist das Weiss, obwohl die Philosophen weder Weiss noch Schwarz unter die Zahl der Farben aufnehmen, da das eine die Ursache der Farben ist, das andere deren Entziehung. Da indess der Maler nicht ohne diese beiden fertig werden kann, so werden wir sie zu der Zahl der übrigen hierhersetzen und sagen, das Weiss sei in dieser Ordnung unter den einfachen die erste, Gelb die zweite, Grün die dritte, Blau die vierte, Roth die fünfte, Schwarz die sechste. Und das Weiss werden wir für Licht setzen, ohne das man keine Farbe sehen kann, das Gelb für die Erde, das Grün für's Wasser, Blau für die Luft, Roth für Feuer und das Schwarz für die Finsterniss, die sich über dem Feuerelement befindet, weil dort keine Materie oder dichter Stoff ist, auf den die Sonnenstrahlen ihren Stoss ausüben und den sie in Folge dessen beleuchten könnten". — „255. Das Blau und das Grün sind nicht einfache für sich. Denn das Blau setzt sich aus Licht und Finsterniss zusammen, wie das Blau der Luft, aus äusserst vollkommenem Schwarz und vollkommen reinem Weiss nämlich". „Das Grün setzt sich aus einer einfachen und einer zusammengesetzten zusammen, nämlich aus Gelb und aus Blau." Dies wird genügen zu zeigen, dass es sich bei Leonardo da Vinci theils um Beobachtungen über Pigmente, theils um naturphilosophische Betrachtungen, nicht aber um die Grundfarbenempfindungen handelt. Die vielen wunderbaren und feinen naturwissenschaftlichen Beobachtungen aller Art, welche in Leonardo's Buch enthalten sind, führen zu der Ueberzeugung, dass die Künstler und insbesondere Er, wahre Vorläufer der grossen bald folgenden Naturforscher waren. Sie mussten die Natur kennen, um sie angenehm vorzutäuschen; sie beobachteten sich und anderen zum Vergnügen. Doch hat Leonardo bei weitem nicht alle Entdeckungen und Erfindungen gemacht, welche ihm z. B. Groth (Leonardo da Vinci als Ingenieur und Philosoph. Berlin 1874) zuschreibt. — Meine nur gelegentlichen Aeusserungen über die Theorie der Farbenempfindung waren vollkommen deutlich. Ich nahm die Grundempfindungen: Weiss, Schwarz, Roth, Gelb, Grün, Blau und diesen entsprechend in der Netzhaut sechs verschiedene

zugleich zu zeigen, dass dieser Grundsatz nicht durchaus neu ist. Als ich mir vor Jahren den Satz formulirte, hatte ich auch keine andere Absicht,* als etwas instinctiv längst Gefühltes mir selbst zur vollen Klarheit zu bringen.

5.

Da wir eine eigentliche Kluft zwischen Physischem und Psychischem überhaupt nicht anerkennen, so versteht es sich, dass beim Studium der Sinnesorgane sowohl die allgemein physikalischen als auch die speciell biologischen Erfahrungen Verwendung finden können. Manches, was uns schwer verständlich bleibt, wenn wir das Sinnesorgan mit einem physikalischen Apparat parallelisiren, wird durchsichtig im Lichte der Entwicklungslehre, wenn wir annehmen, dass wir mit einem lebenden Organismus mit besonderem

---

(chemische) Processe (nicht Nervenfasern) an. (Vergl. Reichert's und Dubois' Archiv 1865, S. 633 u. f. f.) Das Verhältniss der Complementärfarben war natürlich, wie jedem Physiker, auch mir bekannt und geläufig. Ich stellte mir aber vor, dass die beiden Complementärprocesse zusammen einen neuen, den Weissprocess anregen (a. a. O. S. 634). Die grossen Vorzüge der Hering'schen Theorie erkenne ich freudig an. Sie bestehen für mich in Folgendem. Zunächst wird der Schwarzprocess als eine Reaction gegen den Weissprocess aufgefasst. Ich weiss die Erleichterung, welche darin liegt, umsomehr zu würdigen, als mir das Verhältniss von Schwarz und Weiss gerade die grösste Schwierigkeit einzuschliessen schien. Ausserdem werden Roth und Grün, ebenso Gelb und Blau, als antagonistische Processe aufgefasst, die nicht einen neuen Process erzeugen, sondern die sich gegenseitig vernichten. Das Weiss wird hiernach nicht erst erzeugt, sondern es ist schon vorher vorhanden, und bleibt bei der Vernichtung einer Farbe durch die Complementärfarbe übrig. Was mich an der Hering'schen Theorie allein noch stört, ist, dass man nicht sieht, warum die beiden Gegenprocesse Schwarz und Weiss zugleich auftreten und zugleich empfunden werden können, während dies bei Roth-Grün und Blau-Gelb nicht möglich ist. Vergl. auch meine oben citirte Abhandlung, Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. 52. Jahrg. 1865. October.

Gedächtniss, besonderen Gewohnheiten und Manieren, die einer langen und schicksalsreichen Stammesgeschichte ihren Ursprung verdanken, zu thun haben. Was ich hierüber zu sagen habe, will ich in eine längere Anmerkung zusammenfassen [21]. Auch teleologische Betrachtungen haben wir als

21) Der Gedanke, die Entwicklungslehre auf die Physiologie der Sinne insbesondere, und auf die Psychologio überhaupt, anzuwenden, tritt schon vor Darwin bei Spencer (1855) auf. Derselbe hat eine mächtige Förderung durch Darwin's Buch „über den Ausdruck der Gemüthsbewegungen" erfahren. Später hat Schulze die Frage, ob es „ererbte Vorstellungen" gebe, in Darwin'schem Sinne erörtert. Auch ich habe mich (Sitzungsberichte der Wiener Akademie, October 1866) für die Anwendung der Entwicklungslehre auf dio Theorie der Sinnesorgane ausgesprochen. Eine der schönsten und aufklärendsten Ausführungen im Sinne einer psychologisch-physiologischen Anwendung der Entwicklungslehre enthält die akademische Festrede von Hering (über das Gedächtniss als eine allgemeine Funktion der organisirten Materie 1870). Gedächtniss und Vererbung fallen in der That fast in einen Begriff zusammen, wenn wir bedenken, dass Organismen, welche Theile des Elternleibes waren, auswandern, und die Grundlage der neuen Individuen werden. Dio Vererbung wird uns durch diesen Gedanken fast ebenso verständlich als z. B. der Umstand, dass die Amerikaner englisch sprechen, dass ihre Staatseinrichtungen in vieler Beziehung den englischen gleichen u. s. w. Das Problem, welches darin liegt, dass Organismen ein Gedächtniss haben, welches der unorganischen Materie zu fehlen scheint, wird hierdurch selbstverständlich nicht berührt, und besteht fort. — In neuester Zeit hat Weismann (Ueber die Dauer des Lebens) auch den Tod als eine Vererbungserscheinung aufgefasst. Auch diese schöne Schrift wirkt sehr aufklärend. Die Schwierigkeit, die man darin sehen könnte, dass sich eine Eigenschaft vererben soll, die im Elternorganismus erst sich geltend machen kann, nachdem der Process der Vererbung schon abgeschlossen ist, liegt wohl nur im Ausdruck. Sie fällt weg, wenn man darauf achtet, dass die Vermehrungsfähigkeit der Körperzellen auf Kosten der Vermehrung der Keimzellen (wie Weismann andeutet) wachsen kann. Somit kann man sagen, dass die längero Lebensdauer der Zellengesellschaft und die verminderte Fortpflanzung zwei sich gegenseitig bedingende Anpassungserscheinungen seien. — Noch als Gymnasiast hörte ich einmal, dass Pflanzen der südlichen Hemisphäre bei uns blühen, wenn in ihrer Heimath Frühling ist. Ich erinnere mich lebhaft der geistigen Erschütterung, die mir diese Mittheilung verursacht hat. Ist dies richtig, so kann man hierbei in der That an ein Gedächtniss der Pflanze denken. — Die sogenannten Reflexbewegungen der Thiere lassen sich

Hilfsmittel der Forschung keineswegs zu scheuen. Gewiss wird uns das Thatsächliche nicht verständlicher durch Zu-

---

in natürlicher Weise als Gedächtnisserscheinungen ausserhalb des Bewusstseinsorganes auffassen. Eine der merkwürdigsten dieser Erscheinungen sah ich (ich glaube 1865) bei Rollott an enthirnten Tauben. Diese Thiere trinken jedesmal, wenn sie mit den Füssen in eine kalte Flüssigkeit gesetzt werden, ob dieselbe nun Wasser, Quecksilber oder Schwefelsäure ist. Da nun ein Vogel gewöhnlich in die Lage kommen wird, seine Füsse zu benetzen, wenn er seinen Durst zu stillen sucht, so ergibt sich die Anschauung ganz ungezwungen, dass hier eine durch die Lebensweise bedingte zweckmässige, durch Vererbung befestigte Gewohnheit vorliegt, welche (auch bei Ausschaltung des Bewusstseins) auf den entsprechenden auslösenden Reiz mit der Präcision eines Uhrwerks abläuft. Goltz hat in seinem wunderbaren Buch („die Nervencentren des Frosches") und in späteren Schriften viele derartige Erscheinungen beschrieben. — Ich will nun bei dieser Gelegenheit noch einige Beobachtungen erwähnen, deren ich mich mit grossem Vergnügen erinnere. In den Herbstferien 1873 brachte mir mein kleiner Junge einen wenige Tage alten Sperling, welcher aus dem Nest gefallen war, und wünschte ihn aufzuziehen. Die Sache war jedoch nicht einfach. Das Thierchen war nicht zum Schlingen zu bewegen, und wäre den unvermeidlichen Insulten beim gewaltsamen Füttern sicherlich bald erlegen. Da stellte ich folgende Ueberlegung an: „Das neugeborne Kind wäre (ob die Darwin'sche Theorie richtig ist oder nicht) unfehlbar verloren, wenn es nicht die vorgebildeten Organe und den ererbten Trieb zum Saugen hätte, welche durch den passenden Reiz ganz automatisch und mechanisch in Thätigkeit gerathen. Etwas Aehnliches muss in anderer Form auch beim Vogel existiren". Ich bemühte mich nun den passenden Reiz zu finden. Ein kleines Insect wurde an ein spitzes Stäbchen gesteckt, und an diesem um den Kopf des Vogels rasch herumbewegt. Sofort sperrte das Thier den Schnabel auf, schlug mit den Flügeln, und schlang gierig die dargebotene Nahrung hinab. Ich hatte also den richtigen Reiz für die Auslösung des Triebes, und der automatischen Bewegung gefunden. Das Thier wurde zusehends stärker und gieriger, es fing an nach der Nahrung zu schnappen, erfasste einmal auch ein zufällig vom Stäbchen auf den Tisch gefallenes Insect, und frass von da an ohne Anstand selbstständig. In dem Masse als sich der Intellect entwickelte, war ein immer kleinerer Theil des auslösenden Reizes nothwendig. — Das selbstständig gewordene Thier nahm nach und nach alle characteristischen Sperlingsmanieren an, die es doch nicht eigens gelernt hatte. Bei Tage (bei wachem Intellect) war es sehr zutraulich und liebenswürdig. Des Abends traten regelmässig andere Erscheinungen auf. Das Thier wurde furchtsam. Es suchte immer die

rückführung desselben auf einen selbst problematischen unbekannten „Weltzweck“. Allein die Frage, welchen Werth diese

---

höchsten Orte der Stube auf, und beruhigte sich erst, wenn es durch die Zimmerdecke verhindert wurde, noch höher zu steigen. Wieder eine andere zweckmässige ererbte Gewohnheit! Bei einbrechender Dunkelheit war das Thier vollends verändert. Näherte man sich dann, so sträubte es die Federn, fing an zu fauchen und zeigte den Ausdruck des Entsetzens und der leibhaftigen Gespensterfurcht. Auch diese ist ganz wohlbegründet und zweckmässig bei einem Wesen, das unter normalen Verhältnissen jeden Augenblick von irgend einem Ungethüm verschlungen werden kann. — Diese letztere Beobachtung bekräftigte mir die schon vorher gefasste Ansicht, dass die Gespensterfurcht meiner Kinder nicht von den (sorgfältig ferngehaltenen) Ammenmärchen herrührte, sondern angeboren war. Eines meiner Kinder fing gelegentlich an, den im Dunkeln stehenden Lehnstuhl zu beanständen, ein anderes wich Abends sorgfältig einem Kohlenbehälter beim Ofen aus, besonders wenn derselbe mit geöffnetem Deckel dastand, und einem aufgesperrten Rachen glich. Die Gespensterfurcht ist die wirkliche Mutter der Religionen. Weder die naturwissenschaftliche Analyse, noch die sorgfältige historische Kritik eines D. Strauss Mythen gegenüber, welche für den kräftigen Intellect schon widerlegt sind, bevor sie noch erfunden wurden, werden diese Dinge plötzlich beseitigen und hinwegdecretiren. Was so lange einem wirklichen öconomischen Bedürfniss entsprach, und theilweise noch entspricht (Furcht eines Schlimmern, Hoffnung eines Bessern), wird in den dunkleren uncontrollirbaren instinctiven Gedankenreihen noch lange fortleben. Wie die Vögel auf unbewohnten Inseln (nach Darwin) die Menschenfurcht erst im Laufe mehrerer Generationen erlernen müssen, so werden wir erst nach vielen Generationen das unnöthig gewordene „Gruseln“ verlernen. Jede Faustaufführung kann uns belehren, wie sympathisch uns insgeheim die Anschauungen der Hexenzeit noch sind. — Noch eine eigenthümliche Beobachtung will ich hier mittheilen, deren Kenntniss ich meinem Vater (zuletzt Gutsbesitzer in Krain), einem begeisterten Darwinianer, verdanke. Mein Vater beschäftigte sich viel mit Seidenzucht, zog Yama Mai frei im Eichenwalde u. s. w. Die gewöhnliche Morus-Seidenraupe ist seit vielen Jahrhunderten ein Hausthier, und dadurch höchst unbehilflich und unselbstständig geworden. Kommt die Zeit des Einspinnens heran, so pflegt man den Thieren Strohbündel darzubieten, auf welchen sie sich verpuppen. Mein Vater kam nun eines Tages auf den Einfall, einer Gesellschaft von Morus-Raupen die üblichen Strohbündel nicht bereit zu legen. Die Folge war, dass der grösste Theil der Raupen zu Grunde ging, und nur ein geringer Bruchtheil, die Genie's (mit grösserer Anpassungsfähigkeit), sich einspann. Ob, wie meine

oder jene Function für das thatsächliche Bestehen des Organismus hat, oder was sie zu dem Bestehen desselben beiträgt, kann das Verständniss dieser Function selbst fördern [22]. Desshalb dürfen wir natürlich noch nicht glauben,

---

Schwester beobachtet zu haben glaubt, die Erfahrungen einer Generation schon in der nächsten merklich benützt werden, muss wohl noch weiter untersucht werden. — Aus allen diesen merkwürdigen Erscheinungen brauchen wir keine Mystik des Unbewussten zu schöpfen. Ein über das Individuum hinausreichendes Gedächtniss macht sie verständlich. Eine Psychologie in Spencer-Darwin'schem Sinne auf Entwicklungslehre gegründet, aber auf positiver Detailforschung fussend, würde reichere Resultate liefern als alle bisherigen Speculationen. — Diese Beobachtungen und Betrachtungen waren längst angestellt und niedergeschrieben, als Schneider's werthvolle Schrift („Der thierische Wille", Leipzig 1880) erschien, die viele ähnliche enthält. Den Detailausführungen Schneider's muss ich fast durchaus zustimmen, wenngleich seine naturwissenschaftlichen Grundanschauungen (das Verhältniss von Empfindung und physikalischem Process, die Bedeutung der Arterhaltung u. s. w. betreffend) von den meinigen wesentlich verschieden sind, und obgleich ich z. B. auch die Unterscheidung von Empfindungs- und Wahrnehmungstrieben für ganz überflüssig halte. — Eine wichtige Umgestaltung unserer Anschauungen über die Vererbung dürfte durch Weismann's Schrift (Ueber die Vererbung, Jena 1883) eingeleitet sein. Weismann hält die Vererbung durch Uebung erworbener Eigenschaften für höchst unwahrscheinlich, und sieht das wichtigste Moment in der Keimesanlage und der Auslese der Keimesanlagen. Den Argumenten Weismann's wird man kaum die Zustimmung, und der fast mathematischen Schärfe und Tiefe seiner Problemstellung gewiss nicht die Anerkennung versagen können. Dass die Keimesanlagen selbst sich durch äussere Einflüsse ändern können, scheint aber doch durch die Bildung neuer Racen, welche sich als solche erhalten, ihre Raceneigenschaften vererben, und die selbst wieder unter andern Umständen einer Umbildung fähig sind, deutlich hervorzugehen. Auf das Keimplasma muss also doch auch der dasselbe umschliessende Leib Einfluss nehmen (wie Weismann selbst zugibt). Somit ist ein Einfluss des individuellen Lebens auf die Nachkommen doch nicht ganz auszuschliessen, wenn auch eine directe Uebertragung der Resultate der Uebung des Individuums auf die Descendenten (nach Weismann's Darlegung) nicht mehr erwartet werden kann.

22) Solche teleologische Betrachtungen sind mir oft nützlich und aufklärend gewesen. Die Bemerkung z. B., dass ein sichtbares Object bei wechselnder Beleuchtungsintensität nur dann als dasselbe wiederer-

dass wir, wie manche Darwinianer sich ausdrücken, eine Function „mechanisch erklärt" haben, wenn wir erkennen, dass sie für das Bestehen der Art nothwendig ist. Darwin selbst ist von dieser kurzsichtigen Auffassung wohl vollkommen frei. Durch welche physikalische Mittel die Function sich entwickelt, bleibt noch immer ein physikalisches, und wie und warum sich der Organismus anpassen will, ein psychologisches Problem. Die Erhaltung der Art ist überhaupt nur ein thatsächlicher werthvoller Anhaltspunkt für die Forschung, keineswegs aber das Letzte und Höchste.

---

kannt werden kann, wenn die ausgelöste Empfindung von dem Verhältniss der Beleuchtungsintensitäten des Objectes und der Umgebung abhängt, macht eine ganze Reihe organischer Eigenschaften des Auges verständlich. Man versteht durch dieselbe auch, wie der Organismus sich im Interesse seines Bestehens der bezeichneten Forderung anpassen und sich darauf einrichten musste, Lichtintensitätsverhältnisse zu empfinden. Das sogenannte Weber'sche Gesetz, oder die Fechner'sche psychophysische Fudamentalformel, erscheint demnach nicht als etwas Fundamentales, sondern als erklärbares Ergebniss organischer Einrichtungen. Natürlich ist damit der Glaube an die Allgemeingültigkeit dieses Gesetzes aufgegeben. Ich habe die betreffenden Ausführungen in verschiedenen Abhandlungen gegeben (Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. 52 Jahrg. 1865, Vierteljahrsschrift für Psychiatrie. Neuwied und Leipzig 1868, Sitzungsbericht der Wiener Akademie Bd. 57. Jahrgang 1868). In der letzterwähnten Abhandlung habe ich von der Annahme des Parallelismus zwischen Psychischem und Physischem, oder, wie ich damals mich ausdrückte, von der Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung ausgehend, die Fechner'sche Massformel (das Logarithmusgesetz) fallen gelassen, und eine andere Auffassung der Fundamentalformel angenommen, deren Giltigkeit für die Lichtempfindung ich nicht bestritten habe. Dies geht aus der daselbst befindlichen mathematischen Entwicklung unzweifelhaft hervor. Man kann also nicht sagen, wie es Hering gethan hat, dass ich überall auf dem psychophysischen Gesetz fusse, sofern man unter diesem die Massformel versteht. Wie sollte ich auch die Proportionalität von Reiz und Empfindung zugleich mit der logarithmischen Abhängigkeit festhalten? Mir war es genügend, meine Meinung deutlich zu machen, die Fechner'sche eingehend zu kritisiren und zu bekämpfen, hatte ich aus vielen naheliegenden Gründen kein Bedürfniss.

Arten sind ja wirklich zu Grunde gegangen, und neue wohl ebenso zweifellos entstanden. Der lustsuchende und schmerzfliehende Wille muss also wohl weiter reichen als an die Erhaltung der Art. Er erhält die Art, wenn es sich lohnt, er bildet sie um, wenn es sich lohnt, er vernichtet sie, wenn ihr Bestand sich nicht mehr lohnt. Wäre er nur auf die Erhaltung der Art gerichtet, so bewegte er sich, alle Individuen und sich selbst betrügend, ziellos in einem fehlerhaften Cirkel. Dies wäre das biologische Seitenstück des berüchtigten physikalischen „perpetuum mobile“.





Die Raumempfindungen des Auges.

1.

Der Baum mit seinem grauen harten rauhen Stamm, den zahllosen im Winde bewegten Aesten, mit den glatten glänzenden weichen Blättern erscheint uns zunächst als ein untrennbares Ganze. Ebenso halten wir die süsse runde gelbe Frucht, das helle warme Feuer mit seinen mannigfaltig bewegten Zungen für ein Ding. Ein Name bezeichnet das Ganze, ein Wort zieht wie an einem Faden alle zusammengehörigen Erinnerungen auf einmal aus der Tiefe der Vergessenheit hervor.

Das Spiegelbild des Baumes, der Frucht, des Feuers ist sichtbar, aber nicht greifbar. Bei abgewendetem Blick oder geschlossenen Augen können wir den Baum tasten, die Frucht schmecken, das Feuer fühlen, aber nicht sehen. So trennt sich das scheinbar einheitliche Ding in Theile, welche nicht nur aneinander, sondern auch an andern Bedingungen haften. Das Sichtbare trennt sich von dem Tastbaren, Schmeckbaren u. s. w.

Auch das bloss Sichtbare erscheint uns zunächst als ein Ding. Wir können aber eine gelbe runde Frucht neben einer gelben sternförmigen Blüthe sehen. Eine zweite Frucht kann ebenso rund sein als die erste, sie ist aber grün oder roth. Zwei Dinge können von gleicher Farbe aber ungleicher Gestalt sein, sie können von verschiedener Farbe und gleicher Gestalt sein. Hierdurch theilen sich die Gesichtsempfindungen in Farbenempfindungen und Raumempfindungen.

2.

Die Farbenempfindung, auf welche wir hier nicht näher eingehen, ist im Wesentlichen eine Empfindung der günstigen oder ungünstigen chemischen Lebensbedingungen. In der Anpassung an diese möchte sich die Farbenempfindung entwickeln und modificiren[23]). Das Licht leitet das organische

---

23) Vergl. Grant Allen, „der Farbensinn" Leipzig 1880. Der Versuch von H. Magnus, eine bedeutende Entwicklung des Farbensinns in historischen Zeiten nachzuweisen, muss wohl als ein nicht glücklicher bezeichnet werden. Gleich nach dem Erscheinen der Schriften von Magnus correspondirte ich mit einem Philologen, Herrn Prof. F. Polle in Dresden über dieses Thema, und wir kamen beide alsbald zur Ueberzeugung, dass die Ansichten von Magnus weder vor einer naturwissenschaftlichen noch vor einer philologischen Kritik Stand halten. Da Jeder dem Andern die Publication der Resultate zuschob, so kam es zu einer Publication nicht. Die Sache ist übrigens einstweilen von E. Krause und eingehend von A. Marty erledigt worden. Ich erlaube mir hier nur kurz folgende Bemerkungen. Aus dem Mangel der Bezeichnung darf man nicht auf das Fehlen der betreffenden Empfindungsqualität schliessen. Die Bezeichnungen sind auch heute noch unscharf, verschwommen, mangelhaft und gering an der Zahl, wo eben das Bedürfniss einer scharfen Sonderung nicht vorhanden ist. Die Farbenbezeichnung des heutigen Landmannes und seine Bezeichnung der Empfindungen überhaupt ist nicht entwickelter als jene der griechischen Dichter. Die Bauern im Marchfelde sagen z. B., wie ich selbst oft gehört habe, dass das Kochsalz „sauer" sei, weil ihnen der Ausdruck „salzig" nicht geläufig ist. Die Farbenbezeichnung muss man nicht bei Dichtern sondern in techni-

Leben ein. Das grüne Chlorophyll und das (complementär) rothe Haemoglobin spielen in dem chemischen Process des Pflanzenleibes und dem chemischen Gegenprocess des Thierleibes eine hervorragende Rolle. Beide Stoffe treten uns modificirt in dem mannigfaltigsten Farbenkleide entgegen. Die Entdeckung des Sehpurpurs, die Erfahrungen der Photographie und Photochemie lassen auch die Sehvorgänge als chemische Vorgänge auffassen. Die Rolle, welche die Farbe in der analytischen Chemie, bei der Spectralanalyse, in der Krystallphysik spielt, ist bekannt. Sie legt den Gedanken nahe, die sogenannten Lichtschwingungen nicht als mechanische, sondern als chemische Schwingungen aufzufassen, als eine wechselnde Verbindung und Trennung, als einen oscillatorischen Process von der Art, wie er bei photochemischen Vorgängen nur in einer Richtung eingeleitet wird. — Diese Anschauung, welche durch die neueren

---

schen Schriften suchen. Dann darf man aber nicht, wie es Herr Magnus thut, und wie mein College Benndorff bemerkt hat, etwa die Aufzählung der Vasenpigmente für eine Aufzählung sämmtlicher Farben halten. Betrachten wir noch die Polychromie der alten Aegypter und Pompejaner, ziehn wir in Erwägung, dass diese Malereien doch kaum von Farbenblinden herrühren können, bemerken wir, dass etwa 70 Jahre nach Vergil's Tode Pompeji verschüttet wurde, während Vergil noch beinahe farbenblind gewesen sein soll, so ergibt sich hieraus wohl genügend die Unhaltbarkeit der ganzen Anschauung. Noch in einer andern Richtung muss man mit Anwendungen der Darwin'schen Theorie vorsichtig sein. Wir lieben es, uns einen Zustand ohne Farbensinn oder mit geringem Farbensinn einem andern mit hoch entwickeltem Farbensinn vorausgehend zu denken. Es ist eben dem Lernenden natürlich, vom Einfachern zum Zusammengesetzten fortzuschreiten. Die Natur braucht nicht denselben Weg zu gehn. Der Farbensinn ist da, und er ist wohl variabel. Ob er reicher oder ärmer wird? Wer kann das wissen? Ist es nicht möglich, dass mit dem Erwachen der Intelligenz und der Anwendung künstlicher Mittel die ganze Entwicklung sich auf den Verstand wirft, der ja von da an hauptsächlich in Anspruch genommen wird, und dass die Entwicklung der niederen Organe des Menschen in den Hintergrund tritt?

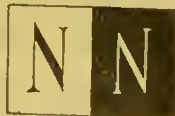
Untersuchungen über anomale Dispersion wesentlich unterstützt wird, kommt der electromagnetischen Lichttheorie entgegen. Auch von dem electrischen Strom gibt ja die Chemie die fassbarste Vorstellung im Falle der Electrolyse, wenn sie beide Bestandtheile des Electrolyten als im entgegengesetzten Sinne durcheinander hindurchwandernd ansieht. So dürften also in einer künftigen Farbenlehre viele biologisch-psychologische und chemisch-physikalische Fäden zusammenlaufen.

3.

Die Anpassung an die chemischen Lebensbedingungen, welche sich durch die Farbe kundgeben, erfordert Locomotion in viel ausgiebigerem Masse, als die Anpassung an jene, die durch Geschmack und Geruch sich äussern. Wenigstens beim Menschen, über den allein wir ein directes und sicheres Urtheil haben, und um den es sich hier handelt, ist es so. Die enge Verknüpfung (eines mechanischen Momentes) der Raumempfindung mit (einem chemischen Moment) der Farbenempfindung wird hierdurch verständlich. Auf die Analyse der optischen Raumempfindungen wollen wir nun zunächst eingehen.

4.

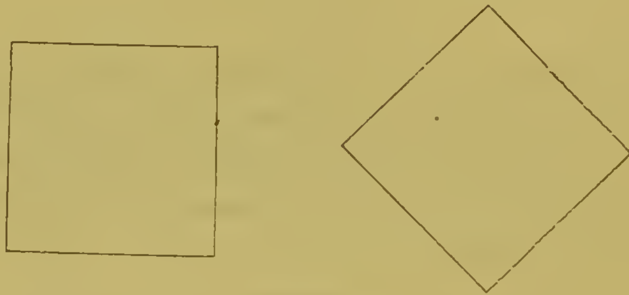
Wenn wir zwei gleiche verschiedenfarbige Gestalten, z. B. zwei gleiche verschiedenfarbige Buchstaben, betrachten, so erkennen wir die gleiche Form trotz der Verschiedenheit der Farbenempfindung auf den ersten Blick. Die Gesichtswahrnehmungen müssen also gleiche Empfindungsbestandtheile enthalten. Diese sind eben die (in beiden Fällen gleichen) Raumempfindungen.



Figur. 2.

5.

Wir wollen nun untersuchen, welcher Art die Raumempfindungen sind, welche physiologisch das Wiedererkennen einer Gestalt bedingen. Zunächst ist klar, dass dieses Wiedererkennen nicht durch geometrische Ueberlegungen herbeigeführt wird, welche nicht Empfindungs-, sondern Verstandessache sind. Vielmehr dienen die betreffenden Raumempfindungen aller Geometrie zum Ausgangspunkt und zur Grundlage. Zwei Gestalten können geometrisch congruent, phy-



Figur 3.

siologisch aber ganz verschieden sein, wie dies die beiden obenstehenden Quadrate veranschaulichen, welche ohne mechanische und intellectuelle Operationen niemals als gleich erkannt werden können [24]. Um uns die hierher gehörigen Verhältnisse geläufig zu machen, stellen wir einige recht einfache Versuche an. Wir betrachten einen ganz beliebigen Fleck (Fig. 4). Stellen wir denselben Fleck zweimal oder mehrmal in gleicher Orientirung in eine Reihe, so bedingt dies einen eigenthümlichen angenehmen Eindruck, und wir erkennen ohne



Figur 4.

---

24) Vergl. meine kleine Abhandlung „über das Sehen von Lagen und Winkeln". Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. 43. Jahrg. 1861. S. 215.



Figur 5.

Schwierigkeit auf den ersten Blick die Gleichheit aller Gestalten (Fig. 5). Die Formgleichheit wird aber ohne intellectuelle Mittel nicht mehr erkannt, wenn wir den einen Fleck gegen den andern genügend verdrehen (Fig. 6). Eine auffallende Verwandtschaft beider Formen wird dafür bemerklich, wenn man dem Fleck einen zweiten in Bezug auf die Medianebene des Beobachters symmetrischen hinzufügt (Fig. 7). Nur durch Drehung der Figur oder durch intellectuelle Operationen erkennt man aber die Formverwandtschaft, wenn die Symmetrieebene bedeutend, z. B. wie in Fig. 8 von der Medianebene des Beobachters abweicht. Dagegen wird die Formverwandtschaft wieder merklich, wenn man dem Fleck denselben Fleck, um 180° in der eigenen Ebene gedreht, hinzufügt (Fig. 9). Es entsteht auf diese Weise die sogenannte centrische Symmetrie.



Figur 6.



Figur 7.



Figur. 8.

Verkleinern wir nun alle Dimensionen des Fleckes in demselben Verhältniss, so erhalten wir einen geometrisch ähnlichen Fleck. Allein so wenig das geometrisch Congruente auch schon physiologisch (optisch) congruent, das geometrisch Symmetrische optisch symmetrisch ist, so wenig ist das geometrisch Ähnliche auch schon optisch ähnlich. Wenn der geometrisch ähnliche Fleck neben den andern in gleicher Orientirung gesetzt



Figur 9.

wird, so erscheinen beide auch optisch ähnlich (Fig. 10). Eine Verdrehung des einen Fleckes hebt diese Aehnlichkeit wieder auf (Fig. 11). Setzt man statt des einen Fleckes den in Bezug auf die Medianebene des Beobachters symmetrischen, so entsteht eine symmetrische Aehnlichkeit, welche auch einen optischen Werth hat (Fig. 12). Auch die Drehung der einen Figur um 180° in ihrer Ebene, wobei die centrisch-symmetrische Aehnlichkeit entsteht, hat noch einen physiologisch-optischen Werth (Fig 13).


Figur 10.


Figur 11.


Figur 12.


Figur 13.

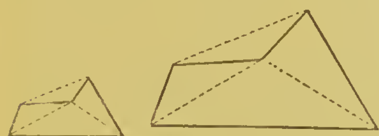
6.

Worin besteht nun das Wesen der optischen Aehnlichkeit gegenüber der geometrischen Aehnlichkeit? In geometrisch ähnlichen Gebilden sind alle homologen Entfernungen proportionirt. Das ist aber Verstandessache und nicht Sache der Empfindung. Wenn wir einem Dreiecke mit den Seiten a, b, c ein anderes mit den Seiten 2a, 2b, 2c gegenüberstellen, so erkennen wir diese einfache Beziehung nicht unmittelbar, sondern intellectuell durch Abmessung. Soll die Aehnlichkeit auch optisch hervortreten, so muss noch die richtige Orientirung hinzukommen. Dass eine einfache Beziehung zweier Objecte für den Verstand nicht nothwendig auch eine Aehnlichkeit der Empfindung bedingt, sehen wir, wenn wir die Dreiecke mit den Seiten a, b, c und a + m, b + m, c + m vergleichen. Beide Dreiecke sehen einander keineswegs ähnlich. Ebenso sehen nicht alle Kegelschnitte einander ähnlich, obgleich alle in einer ein-

fachen geometrischen Verwandtschaft stehen; noch weniger zeigen die Curven dritter Ordnung unter einander eine optische Ähnlichkeit u. s. w.

7.

Die geometrische Ähnlichkeit zweier Gebilde ist bestimmt dadurch, dass alle homologen Entfernungen proportionirt, oder dadurch, dass alle homologen Winkel gleich sind. Optisch ähnlich werden die Gebilde erst, wenn sie auch ähnlich liegen, wenn also alle homologen Richtungen parallel, oder, wie wir vorziehen wollen zu sagen, gleich sind (Fig. 14). Die Wichtigkeit der Richtung für die Empfindung geht schon aus der aufmerksamen Betrachtung der Figur 3 hervor. Die Gleichheit der Richtungen ist es also, wodurch die gleichen Raumempfindungen bedingt sind, welche die physiologisch-optische Ähnlichkeit der Gestalten characterisiren [25].



Figur 14.

Die physiologische Bedeutung der Richtung einer betrachteten Geraden oder eines Curvenelementes können wir uns noch durch folgende Betrachtung vermitteln. Es sei $y = f(x)$ die Gleichung einer ebenen Curve. Durch den

25) Vor etwa 20 Jahren brachte ich in einer Gesellschaft von Physikern und Physiologen die Frage zur Sprache, woran es liege, dass geometrisch ähnliche Gebilde auch optisch ähnlich seien. Ich weiss mich ganz wohl zu erinnern, dass man diese Frage nicht nur für überflüssig, sondern sogar für komisch hielt. Nichtsdestoweniger bin ich heute noch so wie damals überzeugt, dass diese Frage das ganze Problem des Gestaltensehens einschliesst. Dass ein Problem nicht gelöst werden kann, welches gar nicht als solches anerkannt wird, ist klar. In dieser Nichtanerkennung spricht sich aber meines Erachtens jene einseitig mathematisch-physikalische Gedankenrichtung aus, durch die es allein erklärlich wird, dass man z. B. den Hering'schen Ausführungen so vielfach Opposition statt freudiger Zustimmung entgegengebracht hat.

blossen Anblick können wir den Verlauf der Werthe von $\frac{dy}{dx}$ an der Curve absehen, denn dieselben sind durch deren Steigung bestimmt, und auch über die Werthe von $\frac{d^2y}{dx^2}$ gibt das Auge qualitativen Aufschluss, denn sie sind durch die Krümmung der Curve characterisirt. Es liegt die Frage nahe, warum man über die Werthe von $\frac{d^3y}{dx^3}$, $\frac{d^4y}{dx^4}$ u. s. w. nicht ebenso unmittelbar etwas aussagen kann? Die Antwort ist einfach. Man sieht natürlich nicht die Differentialquotienten, welche Verstandessache sind, sondern man sieht die Richtung der Curvenelemente und die Abweichung der Richtung eines Elementes von jener eines andern.

Da man nun die Ähnlichkeit ähnlich liegender Gebilde unmittelbar erkennt, und auch den Specialfall der Congruenz von einem andern ohne weiters zu unterscheiden vermag, so geben uns also unsere Raumempfindungen Aufschluss über Gleichheit oder Ungleichheit der Richtungen und über Gleichheit oder Ungleicheit der Abmessungen.

8.

Dass die Raumempfindungen durch den motorischen Apparat der Augen vermittelt werden, hat von vornherein eine hohe Wahrscheinlichkeit. Ohne noch auf die Einzelheiten näher einzugehen, bemerken wir zunächst, dass der ganze Augenapparat, und insbesondere der motorische Apparat, in Bezug auf die Medianebene des Kopfes symmetrisch ist. Dementsprechend werden auch die symmetrischen Blickbewegungen gleiche, oder doch fast gleiche Raumempfindungen bedingen. Kinder verwechseln fortwährend die Buchstaben *b* und *d*, ebenso *p* und *q*. Auch Erwachsene merken

eine Umkehrung von rechts nach links nicht leicht, wenn nicht besondere sinnliche oder intellectuelle Anhaltspunkte dieselbe verhindern. Der motorische Apparat der Augen ist von sehr vollkommener Symmetrie. Für sich allein würde die gleiche Erregung seiner symmetrischen Organe die Unterscheidung von rechts und links kaum ermöglichen. Allein der ganze Menschenleib, und insbesondere das Hirn, ist mit einer geringen Asymmetrie behaftet, welche z. B. dazu führt, die eine (gewöhnlich die rechte) Hand bei motorischen Functionen zu bevorzugen. Dies führt wieder zu einer weitern und bessern Entwicklung der rechtsseitigen motorischen Functionen und zu einer Modification der zugehörigen Empfindungen. Haben sich einmal beim Schreiben die Raumempfindungen des Auges mit den motorischen Empfindungen der rechten Hand verknüpft, so tritt eine Verwechslung jener vertical-symmetrischen Gestalten, auf welche sich die Schreibefertigkeit und Schreibegewohnheit erstreckt, nicht mehr ein. Diese Verknüpfung kann sogar so stark werden, dass die Erinnerungen nur in den gewohnten Bahnen ablaufen, und dass man z. B. Spiegelschrift nur mit der grössten Schwierigkeit liest. Die Verwechslung von rechts und links kommt aber immer noch vor in Bezug auf Gestalten, die ein rein optisches (z. B. ornamentales), kein motorisches Interesse haben. Eine merkliche Differenz zwischen rechts und links müssen übrigens auch die Thiere empfinden, da sie in vielen wichtigen Fällen sich nur hierdurch orientiren können. Wie ähnlich übrigens die Empfindungen sind, welche an symmetrische motorische Functionen geknüpft sind, darüber kann sich der aufmerksame Beobachter leicht belehren. Wenn ich z. B., weil meine rechte Hand zufällig beschäftigt ist, mit der linken Hand eine Mikrometerschraube oder einen Schlüssel anfasse, so drehe ich (ohne vorausgegangene Überlegung) sicher-

lich verkehrt, d. h. ich führe die symmetrische Bewegung zu der gewohnten aus, indem ich beide wegen der Ähnlichkeit der Empfindung verwechsle. Die Beobachtungen von Heidenhain über die Spiegelschrift halbseitig Hypnotisirter gehören auch hierher.

Mit dem Blick nach oben und dem Blick nach unten sind grundverschiedene Raumempfindungen verbunden, wie dies die gewöhnlichste Erfahrung lehrt. Das ist auch verständlich, weil der motorische Augenapparat in Bezug auf eine horizontale Ebene unsymmetrisch ist. Die Richtung der Schwere ist auch für den übrigen motorischen Apparat viel zu massgebend und wichtig, so dass dieser Umstand auch in dem Apparat des Auges, welcher dem übrigen dient, wohl seinen Ausdruck finden muss. Dass die Symmetrie einer Landschaft und ihrer Spiegelbilder im Wasser gar nicht empfunden wird, ist bekannt. Das von oben nach unten umgekehrte Portrait einer bekannten Persönlichkeit ist fremd und räthselhaft für jeden, der nicht durch intellectuelle Anhaltspunkte sie erkennt. Wenn man sich hinter den Kopf einer auf einem Ruhebette liegenden Person stellt, und ohne Speculation sich dem Eindrucke des Gesichtes ganz hingibt (namentlich wenn die Person spricht), so ist derselbe ein durchaus fremdartiger. Die Buchstaben *b* und *p*, ferner *d* und *q* werden auch von Kindern nicht verwechselt.

Unsere bisherigen Bemerkungen über Symmetrie, Ähnlichkeit u. s. w. gelten natürlich nicht nur für ebene sondern auch für räumliche Gebilde. Dementsprechend haben wir noch über die Raumempfindung der Tiefe eine Bemerkung hinzuzufügen. Der Blick in die Ferne und der Blick in die Nähe bedingt verschiedene Empfindungen. Sie dürfen auch nicht verwechselt werden, weil der Unterschied von nah und fern für Mensch und Thier zu wichtig ist. Sie

können nicht verwechselt werden, weil der motorische Apparat der Augen unsymmetrisch ist in Bezug auf eine Ebene, welche auf der Richtung vorn-hinten senkrecht steht. Die Erfahrung, dass die Büste einer bekannten Persönlichkeit nicht durch die Matrize dieser Büste ersetzt werden kann, ist ganz analog den Beobachtungen bei Umkehrungen von oben nach unten.

9.

Wenn gleiche Abmessungen und gleiche Richtungen gleiche Raumempfindungen, zur Medianebene des Kopfes symmetrische Richtungen ähnliche Raumempfindungen auslösen, so werden hierdurch die oben berührten Thatsachen sehr verständlich. Die Gerade hat in allen Elementen dieselbe Richtung, und löst überall einerlei Raumempfindungen aus. Darin liegt ihr aesthetischer Vorzug. Ausserdem treten noch Gerade, welche in der Medianebene liegen oder zu derselben senkrecht stehen, in eigenthümlicher Weise hervor, indem sie sich bei dieser Symmetrielage zu beiden Hälften des Sehapparates gleich verhalten. Jede andere Stellung der Geraden wird als eine „Schiefstellung" empfunden, als eine Abweichung von der Symmetriestellung.

Die Wiederholung desselben Raumgebildes in gleicher Orientirung bedingt Wiederholung derselben Raumempfindungen. Alle Verbindungslinien homologer ausgezeichneter (auffallender) Punkte haben die gleiche Richtung, und lösen dieselbe Empfindung aus. Auch bei Nebeneinanderstellung bloss geometrisch ähnlicher Gebilde in gleicher Orientirung bleibt dies Verhältniss bestehen. Nur die Gleichheit der Abmessungen geht verloren. Bei Störung der Orientirung ist aber auch dies Verhältniss und hiermit der einheitliche (aesthetische) Eindruck gestört.

Bei einem in Bezug auf die Medianebene symmetrischen Gebilde treten an die Stelle der gleichen Raumempfindungen die ähnlichen, welche den symmetrischen Richtungen entsprechen. Die rechte Hälfte des Gebildes steht zur rechten Hälfte des Sehapparates in demselben Verhältniss, wie die linke Hälfte des Gebildes zur linken Hälfte des Sehapparates. Lässt man die Gleichheit der Abmessungen fallen, so wird noch die symmetrische Ähnlichkeit empfunden. Schiefstellung der Symmetrieebene stört das ganze Verhältniss.

Stellt man neben ein Gebilde dasselbe Gebilde, aber um 180° gedreht, so entsteht die centrische Symmetrie. Verbindet man nämlich zwei Paare homologer Punkte, so schneiden sich die Verbindungslinien in einem Punkte *O*, durch welchen als Halbirungspunkt alle Verbindungslinien homologer Punkte hindurchgehen. Auch im Falle der centrischen Symmetrie sind alle homologen Verbindungslinien gleich gerichtet, was angenehm empfunden wird. Geht die Gleichheit der Abmessungen verloren, so bleibt noch die centrisch symmetrische Ähnlichkeit für die Empfindung übrig.

Die Regelmässigkeit scheint der Symmetrie gegenüber keinen eigenthümlichen physiologischen Werth zu haben. Der Werth der Regelmässigkeit dürfte vielmehr nur in der vielfachen Symmetrie liegen, welche nicht bloss bei einer Stellung merklich wird.

10.

Die Richtigkeit der gegebenen Ausführungen wird sehr fühlbar, wenn man das Werk von Owen Jones (Grammar of Ornament, London 1865) durchblättert. Fast auf jeder Tafel wird man die verschiedenen Arten der Symmetrie als Belege für die gewonnenen Anschauungen wiederfinden. Die Ornamentik, welche, wie die reine Instrumentalmusik, keinen

Nebenzweck verfolgt, sondern nur dem Vergnügen an der Form (und Farbe) dient, liefert am besten die Thatsachen für die vorliegenden Studien. Die Schrift wird durch andere Rücksichten als jene der Schönheit beherrscht. Gleichwohl findet man z. B. unter den 24 grossen lateinischen Buchstaben 10 vertical symmetrische (A, H, I, M, O, T, V, W, X, Y), fünf horizontal symmetrische (B, C, D, E, K), drei centrisch symmetrische (N, S. Z) und nur sechs unsymmetrische (F, G, L, P, Q, R).

11.

Es sei hier nochmals hervorgehoben, dass geometrische und physiologische Eigenschaften eines Raumgebildes scharf zu scheiden sind. Die physiologischen Eigenschaften sind durch geometrische mitbestimmt, aber nicht allein durch diese bestimmt. Dagegen haben physiologische Eigenschaften höchst wahrscheinlich die erste Anregung zu geometrischen Untersuchungen gegeben. Die Gerade ist wohl nicht durch ihre Eigenschaft die Kürzeste zwischen zwei Punkten zu sein, sondern durch ihre physiologische Einfachheit aufgefallen. Auch die Ebene hat, neben ihren geometrischen Eigenschaften, einen besondern physiologisch-optischen (aesthetischen) Werth, durch welchen sie auffällt, wie dies noch ausgeführt werden soll. Die Theilung der Ebene und des Raumes nach rechten Winkeln hat nicht nur den Vorzug der gleichen Theile, welche hierbei entstehen, sondern auch noch einen besondern Symmetriewerth. Der Umstand, dass congruente und ähnliche geometrische Gebilde in eine Orientirung gebracht werden können, in welcher ihre Verwandtschaft physiologisch auffällt, hat ohne Zweifel bewirkt, dass diese Arten der geometrischen Verwandtschaft früher untersucht worden sind, als minder auffällige, wie Affi-

nität, Collineation und andere. Ohne Zusammenwirken der sinnlichen Anschauung und des Verstandes ist eine wissenschaftliche Geometrie nicht denkbar. H. Hankel hat aber in seiner Geschichte der Mathematik (Leipzig 1874) sehr schön ausgeführt, dass in der griechischen Geometrie das Verstandesmoment, in der indischen hingegen das sinnliche Moment bedeutend überwiegt. Die Inder verwenden das Princip der Symmetrie und der Ähnlichkeit (*a. a. O. S.* 206) in einer Allgemeinheit, welche den Griechen vollkommen fremd ist. Der Vorschlag Hankels, die Schärfe der griechischen Methode mit der Anschaulichkeit der indischen zu einer neuen Darstellungsweise zu verbinden, ist sehr beherzigenswerth. Man brauchte übrigens hierin nur den Anregungen von Newton und Joh. Bernoulli zu folgen, welche das Princip der Ähnlichkeit selbst in der Mechanik in noch allgemeinerer Weise verwendet haben. Welche Vortheile auf dem letzteren Gebiete das Princip der Symmetrie bietet, habe ich an einem andern Orte vielfach ausgeführt[26]).

---

26) Weniger vollständige Ausführungen der Hauptgedanken dieses Kapitels habe ich gegeben in der citirten Abhandlung „über das Sehen von Lagen und Winkeln" (1861), ferner in Fichte's Zeitschrift für Philosophie Bd. 46, Jahrg. 1865 S. 5 und „Gestalten der Flüssigkeit". Prag 1872. — In Bezug auf die Verwerthung des Principes der Symmetrie in der Mechanik vergl. meine Schrift: Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Leipzig. Brockhaus 1882.





Weitere Untersuchung der Raumempfindungen[27]).

1.

Dass die Raumempfindung mit motorischen Processen zusammenhängt, wird seit langer Zeit nicht mehr bestritten. Die Meinungen gehen nur darüber auseinander, wie dieser Zusammenhang aufzufassen sei.

2.

Fallen zwei verschiedenfarbige congruente Bilder nach einander auf dieselben Netzhautstellen, so werden sie ohne weiteres als gleiche Gestalten erkannt. Wir können uns also

---

27) Der im vorigen Kapitel behandelte Stoff ist meines Wissens (drei kleine Arbeiten von mir selbst abgerechnet) noch gar nicht besprochen worden. Die Erörterungen in diesem Kapitel aber gründen sich für mich auf jene des vorigen. Ich lege hier die Wege dar, auf welchen ich selbst zu Aufklärungen über die Raumempfindung gelangt bin, ohne etwas von dem in Anspruch zu nehmen, was von anderer Seite in dieser Richtung geleistet wurde, und was namentlich in der Hering'schen Theorie enthalten ist. Die grosse hieher gehörige Literatur ist mir auch zu unvollständig bekannt, um nach jeder Richtung hin genaue Nachweise zu geben. Denjenigen Punkt der Hering'schen Theorie, der mir der wichtigste scheint, werde ich übrigens besonders hervorheben.

zunächst verschiedene Raumempfindungen an verschiedene Netzhautstellen gebunden denken. Dass aber diese Raumempfindungen nicht unveränderlich an bestimmte Netzhautstellen geknüpft sind, erkennen wir, indem wir frei und willkürlich die Augen bewegen, wobei die Objecte, obgleich ihre Bilder auf der Netzhaut sich verschieben, ihren Ort und ihre Gestalt nicht ändern.



Figur 15.

Wenn ich geradeaus vor mich blicke, ein Object O fixirend, so erscheint mir ein Object A, das sich auf der Netzhaut in a, in einer bestimmten Tiefe unter der Stelle des deutlichsten Sehens o abbildet, in einer gewissen Höhe zu liegen. Erhebe ich nun den Blick, B fixirend, so behält A hierbei seine frühere Höhe bei. Es müsste tiefer erscheinen, wenn der Ort des Bildes auf der Netzhaut beziehungsweise der Bogen $o\,a$ allein die Raumempfindung bestimmen würde. Ich kann den Blick bis zu A und darüber hinaus erheben, ohne dass an diesem Verhältniss etwas geändert wird. Der physiologische Process also, der die willkürliche Erhebung des Auges bedingt, vermag die Höhenempfindung ganz oder theilweise zu ersetzen, ist mit ihr gleichartig, kurz gesagt algebraisch mit derselben summirbar. Drehe ich den Augapfel durch einen leichten Ruck mit dem Finger aufwärts, so scheint sich hierbei das Object A, der Verkleinerung des Bogens $o\,a$ entsprechend, in der That zu senken. Dasselbe geschieht, wenn durch irgend einen andern unbewussten oder unwillkürlichen Process, z. B. durch einen Krampf der Augenmuskel, der Augapfel sich aufwärts dreht. Nach einer seit mehreren Decennien bekannten Erfahrung der Augenärzte greifen Patienten mit einer Lähmung des rectus externus zu weit nach rechts, wenn sie ein rechts liegendes Object ergreifen

wollen. Da dieselben eines stärkeren Willensimpulses bedürfen als Gesunde, um ein rechts liegendes Object zu fixiren, so liegt der Gedanke nahe, dass der Wille, rechts zu blicken, die optische Raumempfindung „rechts" bedingt. Ich habe vor Jahren[28]) diese Erfahrung in die Form eines Versuches gebracht, den jeder sofort anstellen kann. Man drehe die Augen möglichst nach links, und drücke nun an die rechten Seiten der Augäpfel zwei grosse Klumpen von ziemlich festem Glaserkitt gut an. Versucht man alsdann rasch nach rechts zu blicken, so gelingt dies wegen der ungenauen Kugelform der Augen nur sehr unvollkommen, und die Objecte verschieben sich hierbei ausgiebig nach rechts. Der blosse Wille, rechts zu blicken, gibt also den Netzhautbildern an bestimmten Netzhautstellen einen grösseren Rechtswerth, wie wir kurz sagen wollen. Der Versuch wirkt anfangs überraschend. Wie man aber bald merkt, lehren die beiden einfachen Erfahrungen, dass durch willkürliche Rechtswendung der Augen die Objecte nicht verschoben, und dass durch gewaltsame unwillkürliche Rechtswendung die Objecte nach links verschoben werden, zusammen genau dasselbe. Mein Auge, welches ich rechts wenden will und nicht kann, lässt sich als ein willkürlich rechts gewendetes und durch eine äussere Kraft gewaltsam zurückgedrehtes Auge ansehen.

3.

Der Wille, Blickbewegungen auszuführen, oder die Innervation, ist die Raumempfindung selbst. Dies ergibt sich ungezwungen aus der angeführten Betrachtung[29]). Wenn

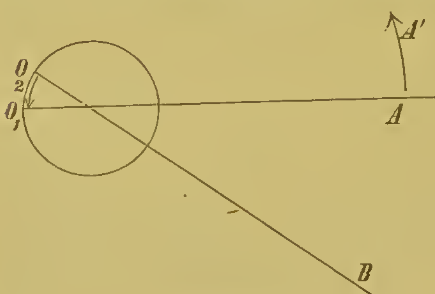
28) Kurz nach Abschluss meiner „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen".

29) Ich halte hier den Ausdruck fest, welcher sich mir unmittelbar ergeben hat, ohne der weitern Untersuchung zu präjudiciren.

wir an einer Hautstelle ein Jucken oder einen Stich empfinden, wodurch unsere Aufmerksamkeit genügend gefesselt wird, so greifen wir sofort mit dem richtigen Ausmass der Bewegung hin. Ebenso drehen wir die Augen mit dem richtigen Ausmass nach einem Netzhautbild, sobald dasselbe uns genügend reizt, und wir es demnach beachten. Vermöge organischer Einrichtungen und langer Uebung treffen wir sofort die zur Fixirung eines auf bestimmter Netzhautstelle sich abbildenden Objectes eben zureichende Innervation. Sind die Augen schon rechts gewendet, und fangen wir an ein neues mehr rechts oder links gelegenes Object zu beachten, so fügt sich eine neue gleichartige Innervation der schon vorhandenen algebraisch hinzu. Eine Störung entsteht erst, wenn zu den willkürlich abgemessenen Innervationen fremdartige unwillkürliche, oder äussere bewegende Kräfte hinzutreten.

4.

Als ich mich vor Jahren mit den hierher gehörigen Fragen beschäftigte, bemerkte ich eine eigenthümliche Erscheinung, die meines Wissens noch nicht beschrieben worden ist. Wir betrachten in einem recht dunklen Zimmer ein Licht A und führen dann eine rasche Blickbewegung nach dem tieferen Licht B aus. Das Licht A scheint hierbei einen (rasch verschwindenden) Schweif AA′ nach oben zu ziehen. Dasselbe thut natürlich auch das Licht B, was zur Vermeidung von Complicationen in der Figur nicht angedeutet ist. Der Schweif ist selbstver-



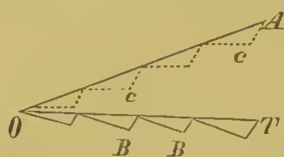
Figur 16.

ständlich ein Nachbild, welches erst bei Beendigung oder kurz vor Beendigung der Blickbewegung zum Bewusstsein kommt, jedoch, was eben merkwürdig ist, mit Ortswerthen, welche nicht der neuen Augenstellung und Innervation, sondern noch der frühern Augenstellung und Innervation entsprechen. Aehnliche Erscheinungen bemerkt man oft beim Experimentiren mit der Holtz'schen Electrisirmaschine. Wird man während einer Blickbewegung abwärts von einem Funken überrascht, so erscheint derselbe oft hoch über den Electroden. Liefert er ein dauerndes Nachbild, so zeigt sich dieses natürlich unter den Electroden. Diese Vorgänge entsprechen der sogenannten persönlichen Differenz des Astronomen, nur dass sie auf das Gebiet des Gesichtssinnes beschränkt sind. Durch welche organischen Einrichtungen dies Verhältniss bedingt ist, muss dahingestellt bleiben, wahrscheinlich hat es aber einen gewissen Werth zur Verhinderung der Desorientirung bei Augenbewegungen.

5.

Wir dachten uns bisher der Einfachheit wegen nur die fixirenden Augen bewegt, hingegen den Kopf (und überhaupt den Körper) ruhig. Drehen wir nun den Kopf ganz beliebig, ohne ein optisches Object absichtlich ins Auge zu fassen, so bleiben die Objecte hierbei ruhig. Zugleich kann aber ein anderer Beobachter bemerken, dass die Augen wie reibungslose träge Massen an den Drehbewegungen keinen Antheil nehmen. Noch auffallender wird der Vorgang, wenn man sich continuirlich längere Zeit um die Verticalaxe, von oben gesehen etwa im Sinne des Uhrzeigers, herumdreht. Die offenen oder geschlossenen Augen drehen sich dann, wie Breuer beobachtet hat, etwa zehnmal auf eine volle Umdrehung des Körpers gleichmässig verkehrt wie der

Uhrzeiger, und ebenso oft ruckweise im Sinne des Uhrzeigers zurück. Die Figur veranschaulicht diesen Vorgang. Nach OT sind die Zeiten als Abscissen, aufwärts als Ordinaten die Drehungswinkel im Sinne des Uhrzeigers, abwärts im entgegengesetzten Sinne aufgetragen. Die Curve OA entspricht der Drehung des Körpers, OBB der relativen und OCC der absoluten Drehung der Augen. Niemand wird sich bei Wiederholung der Beobachtung der Ueberzeugung verschliessen können, dass man es mit einer durch die Körperdrehung reflectorisch ausgelösten automatischen (unbewussten) Augenbewegung zu thun hat. Wie diese Bewegung zu Stande kommt, bleibt natürlich zu untersuchen. Eine einfache Vorstellung wäre die, dass von zwei antagonistischen Innervationsorganen der ihnen bei der Körperdrehung gleichmässig zufliessende Reiz, von dem einen wieder mit einem gleichmässigen Innervationsstrom beantwortet wird, während das andere immer erst nach einer gewissen Zeit wie ein gefüllter und plötzlich umkippender Regenmesser einen Innervationsstoss abgibt. Für uns genügt es vorläufig zu wissen, dass diese automatische compensirende unbewusste Augenbewegung thatsächlich vorhanden ist.



Figur 17.

Die langsamere unbewusste compensirende Augenbewegung (die ruckweise hinterlässt keinen optischen Eindruck) ist also die Ursache, dass die Objecte bei Kopfdrehungen ihren Ort beizubehalten scheinen, was für die Orientirung sehr wichtig ist. Drehen wir nun mit dem Kopf in demselben Sinn, das fixirte Object wechselnd, auch willkürlich die Augen, so müssen wir durch die willkürliche Innervation die automatische unwillkürliche übercompensiren. Wir bedürfen derselben Innervation, als ob der ganze Drehungs-

winkel vom Auge allein zurückgelegt worden wäre. Hierdurch klärt es sich auf, warum, wenn wir uns umdrehen, der ganze optische Raum uns als ein Continuum und nicht als ein Aggregat von Gesichtsfeldern erscheint, und warum hierbei die optischen Objecte festliegend bleiben. Was wir beim Umdrehen von unserm eigenen Körper sehen, sehen wir aus klarliegenden Gründen optisch bewegt.

So gelangen wir also zu der praktisch werthvollen Vorstellung unseres bewegten Körpers in einem festliegenden Raume. Es wird uns verständlich, dass wir bei mehrfachen Drehungen und Wendungen in Strassen, in Gebäuden, und bei passiven Drehungen im Wagen, oder in der Cajüte eingeschlossen (ja selbst in der Dunkelheit) die Orientirung nicht verlieren. Allerdings schlafen die Urcoordinaten, von welchen wir ausgingen, allmälig und unvermerkt ein, und bald zählen wir wieder von den Objecten aus, welche vor uns liegen. Der eigenthümlichen Desorientirung, in welcher man sich zuweilen Nachts beim plötzlichen Erwachen befindet, rathlos das Fenster, den Tisch u. s. w. suchend, mögen wohl dem Erwachen unmittelbar vorausgehende motorische Träume zu Grunde liegen.

Aehnliche Verhältnisse wie bei Körperdrehungen zeigen sich bei Körperbewegungen überhaupt. Bewege ich den Kopf oder den ganzen Körper seitwärts, so verliere ich ein optisch fixirtes Object nicht. Dasselbe scheint fest zu stehen, während die fernern Objecte eine der Körperbewegung gleichsinnige, die nähern eine entgegengesetzte parallactische Verschiebung erfahren. Die gewohnten parallactischen Verschiebungen werden gesehen, stören aber nicht, und werden richtig interpretirt. Bei monocularer Inversion eines Plateau'schen Drathnetzes aber fallen die dem Sinne und dem

Ausmass nach ungewohnten parallactischen Bewegungen sofort auf, und spiegeln uns ein gedrehtes Object vor[30]).

6.

Wenn ich meinen Kopf drehe, so sehe ich nicht nur jenen Theil desselben, den ich überhaupt sehen kann, gedreht, was nach dem Vorausgeschickten sofort verständlich ist, sondern ich fühle ihn auch gedreht. Dies beruht darauf, dass im Gebiete des Tastsinnes ganz analoge Verhältnisse bestehen, wie im Gebiete des Gesichtssinnes[31]). Greife ich nach einem Object, so complicirt sich eine Tastempfindung mit einer Innervationsempfindung. Blicke ich nach dem Object, so tritt an die Stelle der Tastempfindung eine Lichtempfindung. Da Hautempfindungen auch ohne Tasten von Objecten immer vorgefunden werden, sobald man ihnen die Aufmerksamkeit zuwendet, so geben diese, mit wechselnden Innervationen complicirt, ebenfalls die Vorstellung unseres

---

30) Vergl. meine „Beobachtungen über monoculare Stereoscopie." Sitzungsberichte d. Wiener Akademie (1868) Bd. 58.

31) Die Ansicht, dass Gesichtssinn und Tastsinn sozusagen denselben Raumsinn als gemeinsamen Bestandtheil enthalten, ist von Locke aufgestellt, von Berkeley wieder bestritten worden. Auch Diderot ist (Lettres sur les aveugles) der Ansicht, dass der Raumsinn des Blinden von jenem des Sehenden gänzlich verschieden sei. Man vergl. hierüber die scharfsinnigen Ausführungen von Dr. Th. Loewy (Common senibles. Die Gemein-Ideen des Gesichts- und Tastsinnes nach Locke u. Berkeley. Leipzig 1884), deren Resultat ich übrigens nicht beistimmen kann. Der Umstand, dass ein Blindgeborner nach der Operation den ihm durch das Getast wohlbekannten Würfel, und die ebenso bekannte Kugel. durch das Gesicht nicht unterscheidet, beweist für mich gar nichts gegen Locke und nichts für Berkeley und Diderot. Auch der Sehende erkennt die einfach umgekehrte Figur erst nach mehrfacher Übung. Wie hätte auch der blinde Saunderson, wenn Locke Unrecht hätte, eine für Sehende verständliche Geometrie schreiben können. Möge der Blinde versuchen. eine Farbenlehre zu schreiben!

bewegten Körpers, welche mit der auf optischem Wege gewonnenen in voller Uebereinstimmung steht.

Bei activen Bewegungen werden also die Hautempfindungen dislocirt, wie man kurz sagen kann. Bei passiven Bewegungen unseres Körpers treten reflectorisch ausgelöste unbewusste compensirende Innervationen und Bewegungen auf. Drehe ich mich z. B. rechts herum, so compliciren sich meine Hautempfindungen mit denselben Innervationen, die mit Berührung von Objecten bei Rechtsdrehung verbunden wären. Ich fühle mich rechts gedreht. Werde ich passiv rechts gedreht, so entsteht reflectorisch das Bestreben, die Drehung zu compensiren. Ich bleibe entweder wirklich stehen, und empfinde mich dann auch ruhig, oder ich unterdrücke die Linksdrehung. Dazu bedarf ich aber derselben willkürlichen Innervatiou, wie zu einer activen Rechtsdrehung, welche auch die gleiche Empfindung zur Folge hat.

7.

Das hier dargelegte einfache Verhältniss übersah ich noch nicht vollständig bei Abfassung meiner Schrift über Bewegungsempfindungen. In Folge dessen blieben mir einige theils von Breuer, theils von mir beobachtete Erscheinungen schwer verständlich, die sich nun ohne Schwierigkeit erklären, und die ich kurz berühren will. Bei passiver Drehung eines in einem Kasten eingeschlossenen Beobachters nach rechts erscheint demselben der Kasten gedreht, obgleich jeder Anhaltspunkt zur Beurtheilung einer Relativdrehung fehlt. Führen seine Augen unwillkürliche compensirende Bewegungen nach links aus, so verschieben sich die Netzhautbilder so, dass er eine Bewegung nach rechts empfindet. Fixirt er aber den Kasten, so muss er die unwillkührlichen Bewegungen willkürlich compensiren, und sieht nun wieder

eine Bewegung nach rechts. Es wird hierdurch deutlich, dass die Breuer'sche Erklärung der Scheinbewegung des Augenschwindels richtig ist, und dass gleichwohl durch willkürliches Fixiren diese Bewegung nicht zum Verschwinden gebracht werden kann. Auch die übrigen in meiner Schrift erwähnten Fälle des Augenschwindels finden auf analoge Weise ihre Erledigung [32]).

Wenn wir uns bewegen z. B., vorwärts schreiten oder uns drehen, so haben wir nicht nur eine Empfindung der jedesmaligen Lage unserer Körpertheile, sondern auch noch die viel einfachere Empfindung einer Vorwärtsbewegung oder Drehung. In der That setzen wir die Vorstellung der Vorwärtsbewegung nicht aus den Vorstellungen der einzelnen Beinschwingungen zusammen, oder haben wenigstens nicht nöthig dies zu thun. Ja es gibt sogar Fälle, in welchen die Empfindung der Vorwärtsbewegung entschieden vorhanden ist, jene der Beinbewegungen aber ebenso entschieden fehlt. Dies trifft z. B. bei einer Eisenbahnfahrt zu, auch schon bei dem Gedanken einer Reise, andeutungsweise bei der Erinnerung an einen fernern Ort u. s. w. Dies kann nur daran liegen, dass der Wille, sich vorwärts zu bewegen oder zu drehen, aus welchem die Extremitäten ihre motorischen Anregungen schöpfen, die ja durch besondere Innervationen noch modificirt werden können, verhältnissmässig einfacher Natur ist. Es bestehen hier wohl ähnliche, wenn auch complicirtere Verhältnisse, wie jene bei den Augenbewegungen, welche Hering so glücklich durchschaut hat, worauf wir alsbald zurückkommen.

---

32) Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig Engelmann 1875. S. 83.

8.

Die folgenden Versuche und Ueberlegungen, welche an eine ältere Mittheilung anknüpfen, werden vielleicht die richtige Auffassung dieser Erscheinungen fördern. Wir stellen uns auf eine Brücke und betrachten das unter derselben durchfliessende Wasser. Dann empfinden wir gewöhnlich uns in Ruhe, das Wasser aber in Bewegung. Längeres Hinblicken auf das Wasser hat aber bekanntlich fast regelmässig zur Folge, dass plötzlich die Brücke mit dem Beobachter und der ganzen Umgebung dem Wasser entgegen in Bewegung zu gerathen scheint, während umgekehrt das Wasser den Anschein der Ruhe gewinnt [33]). Die relative Bewegung der Objecte ist in beiden Fällen dieselbe, und es muss demnach einen triftigen physiologischen Grund haben, warum bald der eine, bald der andere Theil der Objecte bewegt empfunden wird. Um dies bequem untersuchen zu können, habe ich mir einen einfachen Apparat construirt, der in Figur 18 dargestellt ist. Ein einfach gemusterter Ledertuchlaufteppich wird horizontal über zwei 2 m lange, 3 m von einander in Lagern befestigte Walzen gezogen, und mit Hülfe einer Kurbel in gleichmässige Bewegung gesetzt.

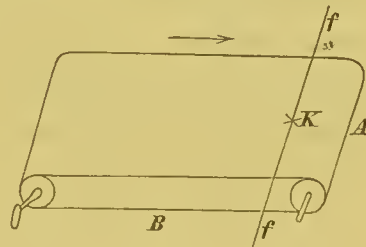


Fig. 18.

33) Derartige Eindrücke erhält man bekanntlich in der mannigfaltigsten Form, wenn man sich zwischen mehreren theils bewegten, theils ruhenden Eisenbahnzügen befindet. — Als ich kürzlich auf der Elbe mittelst Dampfschiff einen Ausflug unternahm, hatte ich unmittelbar vor der Landung den überraschenden Eindruck, als ob das Schiff stünde, und die ganze Landschaft sich demselben entgegenbewegte, was nach den folgenden Auseinandersetzungen unschwer verständlich ist.

Quer über den Teppich, etwa 30 cm über demselben, ist ein Faden ff mit einem Knoten K gespannt, der dem bei A aufgestellten Beobachter als Ruhepunkt für das Auge dient. Folgt der Beobachter mit den Augen den Zeichnungen des im Sinne des Pfeiles bewegten Teppichs, so sieht er diesen in Bewegung, sich und die Umgebung aber ruhig. Fixirt er hingegen den Knoten, so glaubt er alsbald mit dem ganzen Zimmer dem Pfeile entgegen in Bewegung zu gerathen, während er den Teppich für stillstehend hält. Dieser Wechsel des Anblicks vollzieht sich je nach der Stimmung in längerer oder kürzerer Zeit, gewöhnlich nach einigen Secunden. Weiss man einmal, worauf es ankommt, so kann man ziemlich rasch und willkürlich mit den beiden Eindrücken wechseln. Jedes Verfolgen des Teppichs bringt den Beobachter zum Stehen, jedes Fixiren von K oder Nichtbeachten des Teppichs, wobei dessen Zeichnungen verschwimmen, setzt den Beobachter in Bewegung. Die Erscheinung ist selbstredend gänzlich verschieden von der bekannten Plateau-Oppel'schen, die eine locale Netzhauterscheinung ist. Bei dem obigen Experiment bewegt sich die deutlich gesehene ganze Umgebung, bei dem letztern Phänomen zieht ein bewegter Schleier über das ruhige Object hin. Auch die nebenbei auftretenden stereoscopischen Erscheinungen, bei welchen z. B. der Faden mit dem Knoten unter dem sich als durchsichtig darstellenden Teppich erscheint, sind hier ganz gleichgültig [34]).

---

34) In meiner Schrift über „Bewegungsempfindungen" S. 63 habe ich constatirt, dass den Plateau-Oppel'schen Erscheinungen ein besonderer Process zu Grunde liegt, der mit den übrigen Bewegungsempfindungen nichts zu schaffen hat. Es heisst daselbst:

„Dementsprechend werden wir daran denken müssen, dass mit der Bewegung eines Netzhautbildes ein besonderer Process erregt wird,

Bevor wir an die Erklärung des Versuches gehn, wollen wir denselben noch variiren. Ein Beobachter, der sich bei B aufstellt, meint unter den angegebenen Umständen mit seiner ganzen Umgebung nach links zu fliegen. Wir bringen ferner ober dem Teppich TT, Figur 19, einen gegen den Horizont um 45° geneigten Spiegel SS an. Durch SS betrachten wir das Spiegelbild T′T′, nachdem wir auf die Nase noch einen Schirm nn gesetzt haben, welcher dem Auge O den directen Anblick von TT entzieht. Bewegt sich TT im Sinne des Pfeiles, während wir das Spiegelbild K′ von K fixiren, so glauben wir alsbald mit dem ganzen Zimmer zu versinken, bei umgekehrter Bewegung glauben wir hingegen wie in einem Luftballon zu steigen [35]). Endlich gehören hierher noch die Versuche mit der Papiertrommel, welche ich bereits beschrieben habe, und auf die auch die nachfolgende Erklärung anzuwenden ist. Alle diese Erscheinungen sind keine rein optischen, sondern sie sind von einer unverkennbaren Bewegungsempfindung des ganzen Körpers begleitet.

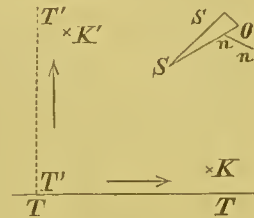


Fig. 19.

---

der bei der Ruhe nicht vorhanden ist, und dass bei entgegengesetzten Bewegungen ganz ähnliche Processe in ähnlichen Organen erregt werden, welche sich aber gegenseitig in der Art ausschliessen, dass mit dem Eintreten des einen der andere erlöschen muss, und mit der Erschöpfung des einen der andere eintritt.“ — Dies scheinen S. Exner und Vierordt übersehen zu haben, welche später ähnliche Ansichten über denselben Gegenstand ausgesprochen haben.

35) Derartige Erscheinungen treten oft ganz ungesucht auf. Als einmal im Winter bei Windstille und starkem Schneefall meine kleine Tochter am Fenster stand, rief sie plötzlich, sie steige mit dem ganzen Hause in die Höhe.

9.

Wie haben wir nun unsere Gedanken einzurichten, um in denselben die besprochenen Thatsachen in einfachster Weise darzustellen? Bewegte Objecte üben bekanntlich einen besondern Bewegungsreiz auf das Auge aus, ziehn die Aufmerksamkeit und den Blick auf sich. Folgt ihnen der Blick wirklich, so müssen wir nach allem bisher Besprochenen annehmen, dass die Objecte bewegt erscheinen. Soll das Auge trotz der bewegten Objecte auf die Dauer ruhig bleiben, so muss der von denselben ausgehende constante Bewegungsreiz durch einen constanten, dem motorischen Apparat des Auges zufliessenden Innervationsstrom compensirt werden, ganz so, als wäre der ruhige fixirte Punkt gleichmässig entgegengesetzt bewegt, und als wollte man demselben mit den Augen folgen. Tritt dies aber ein, so muss alles fixirte Unbewegte bewegt erscheinen. Dass dieser Innervationsstrom immer mit bewusster Absicht eingeleitet werde, wird kaum nothwendig sein, wenn er nur von demselben Centrum aus und auf denselben Wegen verläuft, von welchen das willkürliche Fixiren ausgeht.

Um die zuvor besprochenen Erscheinungen zu beobachten, bedarf es gar keiner besondern Vorkehrungen. Wir sind vielmehr immer von denselben umgeben. Ich schreite durch einen einfachen Willensact vorwärts. Meine Beine vollführen ihre Schwingungen, ohne dass ich mich besonders darum kümmere, und meine Augen sind fest auf das Ziel gerichtet, ohne sich von den durch das Ausschreiten bewegten Netzhautbildern ablenken zu lassen. Mit einem Willensact ist alles dies eingeleitet, und dieser Willensact selbst ist die Empfindung der Vorwärtsbewegung. Derselbe Process, oder doch ein Theil desselben, wird auch auftreten müssen, sollen

die Augen dem Reize einer Masse von bewegten Objecten dauernd widerstehen. Daher die Bewegungsempfindung bei den obigen Versuchen.

Beobachten wir ein Kind auf einem Eisenbahnzuge, so folgen dessen Augen fast unausgesetzt in zuckender Bewegung den äussern Objecten, welche ihm zu laufen scheinen. Auch der Erwachsene hat die gleiche Empfindung, wenn er sich den Eindrücken zwanglos hingibt. Fahre ich vorwärts, so dreht sich, aus naheliegenden Gründen, der ganze Raum zu meiner Linken um eine sehr ferne verticale Axe im Sinne des Uhrzeigers, der ganze Raum zu meiner Rechten ebenso umgekehrt. Erst wenn ich dem Verfolgen der Objecte widerstehe, tritt für mich die Empfindung der Vorwärtsbewegung auf.

10.

Ohne den Thatsachen Gewalt anzuthun, welche in meiner Schrift über Bewegungsempfindungen beschrieben sind, legen die eben besprochenen Beobachtungen die Möglichkeit nahe, die Auffassung dieser Thatsachen zu modificiren, wie wir dies im Folgenden andeuten wollen[36]). Es bleibt höchst

---

36) Meine Ansichten über Bewegungsempfindungen sind bekanntlich mehrfach angefochten worden, wobei allerdings die Polemik immer nur gegen die Hypothese gerichtet war, auf welche ich selbst keinen besondern Werth gelegt habe. Dass ich sehr gern bereit bin, meine Ansichten nach Maassgabe der bekannt gewordenen Thatsachen zu modificiren, dafür mag eben die vorliegende Schrift den Beweis liefern. Ich will die Entscheidung darüber, wieweit ich das Richtige getroffen habe, mit Beruhigung der Zukunft überlassen. Andererseits möchte ich nicht unbemerkt lassen, dass sich auch für die von mir, Breuer und Brown aufgestellte Ansicht günstige Beobachtungen ergeben haben. Hierher gehören zunächst die von Dr. Guye (in Amsterdam) gesammelten Erfahrungen (Du Vertige de Ménière. Rapport lu dans la section d'otologie du congrés périodique international de sciences médicales à Amsterdam. 1879). Guye beobachtete bei Er-

wahrscheinlich, dass ein Organ im Kopfe existirt, wir wollen es das Endorgan (*EO*) nennen, welches auf Beschleunigungen

---

krankungen des Mittelohres reflectorische Kopfdrehungen beim Einblasen von Luft in die Trommelhöhle, und fand einen Patienten der genau den Sinn und die Anzahl der Drehungen angeben konnte, welche er beim Einspritzen von Flüssigkeiten empfunden hatte. — Professor Crum Brown (on a case of dyspeptic vertigo. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 1881—82) beschreibt einen an sich beobachteten interessanten Fall von pathologischem Schwindel, welcher sich in seiner Gesammtheit durch eine gesteigerte Intensität und verlängerte Dauer der jeder Drehung folgenden Empfindung erklären liess. — Am merkwürdigsten sind aber die Beobachtungen von William James (the sense of dizzines in deaf-mutes. American Journal of Otology. Volume IV October 1882). James fand eine relative vorwiegende auffallende Unempfindlichkeit der Taubstummen gegen den Drehschwindel, häufig eine grosse Unsicherheit des Ganges derselben bei geschlossenen Augen, und in manchen Fällen eine überraschende Desorientirung beim Untertauchen unter Wasser, wobei Beängstigung und gänzliche Unsicherheit über das Oben und Unten eintrat. Diese Beobachtungen sprechen sehr dafür, dass bei den Taubstummen, wie es nach meiner Auffassung zu erwarten war, der eigentliche Gleichgewichtssinn sehr zurücktritt, und dass dieselben die beiden andern orientirenden Sinne, den Gesichtssinn und den Muskelsinn (welcher letztere beim Versinken im Wasser mit der Aufhebung des Körpergewichtes alle Anhaltspunkte verliert), desto nöthiger haben.

Die Ansicht ist nicht haltbar, dass wir zur Kenntniss des Gleichgewichtes und der Bewegungen nur durch die Halbcirkelkanäle gelangen. Höchst wahrscheinlich haben vielmehr auch niedere Thiere, denen das entsprechende Organ ganz fehlt, Bewegungsempfindungen. Es war mir bisher nicht möglich, in dieser Richtung Versuche anzustellen. Die Versuche aber, welche Lubbock in seiner Schrift über „Ameisen, Bienen und Wespen“ (Leipzig. Brockhaus 1883) S. 220 beschrieben hat, werden mir durch die Annahme von Bewegungsempfindungen viel verständlicher. Da möglicherweise Anderen derartige Versuche näher liegen, ist es vielleicht nicht unnütz, wenn ich einen Apparat bespreche, den ich (Anzeiger der Wiener Akademie, 30. December 1875) schon kurz beschrieben habe.

Der Apparat dient dazu, das Verhalten von Thieren bei rascher Rotation derselben zu beobachten. Da nun das Bild durch die Rotation verwischt wird, so muss die passive Rotation optisch aufgehoben und ausgeschaltet werden, so dass die activen Bewegungen des Thieres allein übrig bleiben und beobachtbar werden. Man erreicht die optische Aufhebung der Rotation einfach dadurch, dass man über der Scheibe der Centrifugalmaschine genau um dieselbe Axe mit Hilfe einer Zahnradüber-

reagirt, und durch dessen Vermittlung wir zur Kenntniss von Bewegungen gelangen. Statt uns aber vorzustellen, dass es

---

tragung ein Reflexionsprisma mit der halben Winkelgeschwindigkeit der Scheibe und in demselben Sinne rotiren lässt.

Die Figur 20 gibt eine Ansicht des Apparates. Auf der Scheibe der Centrifugalmaschine befindet sich ein Glasbehälter *g*, in welchem die zu

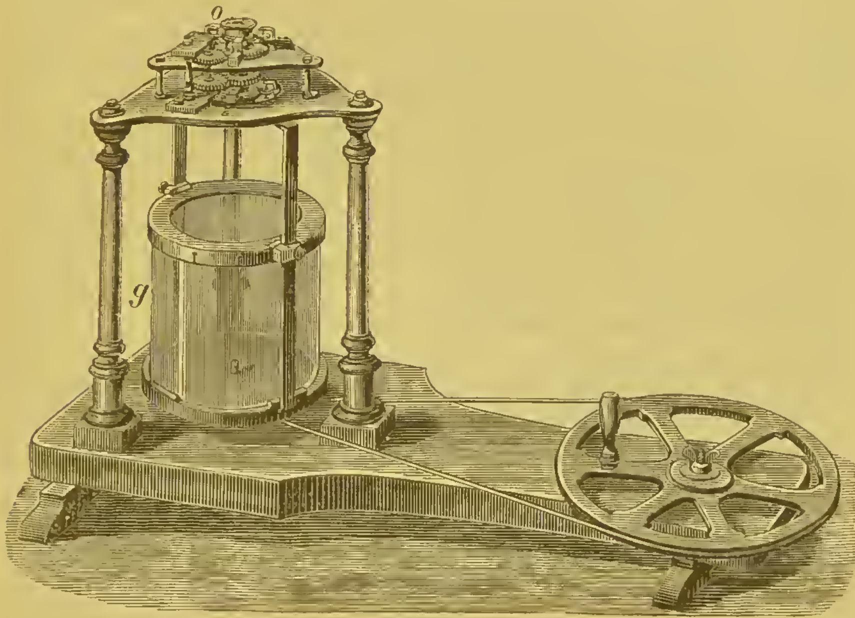


Fig. 20.

beobachtenden Thiere eingeschlossen werden. Durch eine Zahnradübertragung wird das Ocular *o* mit der halben Winkelgeschwindigkeit und in demselben Sinne wie *g* gedreht. Die folgende Figur zeigt die Verzahnung in einer besondern Darstellung. Das Ocular *O O* und der Behälter *g g* drehen sich um die Axe *A A*, während ein Paar von Zahnrädern, die fest mit einander verbunden sind, sich um *BB* drehen. Der Radius des Zahnrades *a a* sei $= r$,

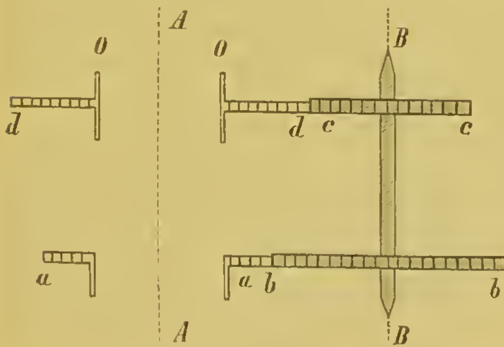


Fig. 21.

besondere Bewegungsempfindungen gibt, welche von diesem Apparat wie von einem Sinnesorgan ausgehen, können

---

dann ist r jener von $b\,b$, $\frac{2r}{3}$ jener von $c\,c$, jener von $d\,d$ aber $= \frac{4r}{3}$, womit das verlangte Geschwindigkeitsverhältniss von $o\,o$ und $g\,g$ erzielt ist.

Um den Apparat zu centriren, legt man auf die Bodenscheibe des Behälters einen mit Stellschrauben versehenen Spiegel S und justirt denselben so, dass beim Rotiren die Bilder in demselben ruhig bleiben. Dann steht er senkrecht auf der Rotationsaxe des Apparates. Einen zweiten kleinen Spiegel S', dessen Belegung ein kleines Loch L enthält, bringt man an dem leeren Ocularrohr mit der spiegelnden Fläche nach unten so an, dass bei der Rotation die Bilder unbewegt bleiben, die man durch das Loch hindurch in dem Spiegelbilde von S' in S sieht. Dann steht S' senkrecht auf der Ocularaxe. Nun bringt man, was nach einigen Versuchen leicht gelingt, mit Hilfe eines Pinsels auf dem Spiegel S einen Punkt P an, welcher beim Rotiren seine Lage nicht ändert, und stellt das Loch im Spiegel S' so, dass es bei der Rotation ebenfalls an Ort und Stelle bleibt. Hierdurch sind Punkte der beiden Rotationsaxen gewonnen. Stellt man nun das Ocular (mit Hilfe von Schrauben) so, dass man, durch das Loch in S hindurchsehend, den Punkt P auf S und das Spiegelbild von L in S (oder eigentlich die vielen Spiegelbilder von P und L) in Deckung sieht, so sind die beiden Axen nicht nur parallel, sondern sie fallen auch zusammen.

Als Ocular könnte man in der einfachsten Weise einen Spiegel, dessen Ebene die Axe enthält, anwenden, und ich habe dies bei dem ersten Rudiment meines Apparates auch gethan. Allein man verliert hierdurch die Hälfte des Gesichtsfeldes. Ein total reflectirendes Prisma ist deshalb viel vortheilhafter. In der Figur 22 stelle $A\ B\ C$ einen ebenen Schnitt senkrecht zu der Hypothenusenfläche und den Kathetenflächen des total reflectirenden Ocularprismas vor. Dieser Schnitt enthalte zugleich die Rotationsaxe $O\ N\ P\ Q$, welche parallel zu $A\ B$ ist. Der Strahl, welcher nach der Axe $Q\ P$ fortgeht, muss nach der Brechung und Reflexion im Prisma wieder nach der Axe $N\ O$ fortgehen und das (in der Axe befindliche) Auge O treffen. Wenn dies erfüllt ist, können die Punkte der Axe bei der Rotation keine Verschiebung erfahren, und der Apparat ist

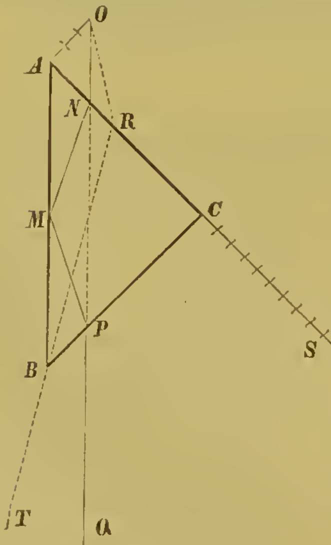


Fig. 22.

wir auch annehmen, dass dasselbe lediglich reflectorisch Innervationen auslöst. Innervationen können willkürlich und bewusst oder unwillkürlich und unbewusst sein. Die beiden verschiedenen Organe, von welchen sie ausgehen, bezeichnen wir mit *WI* und *UI*. Beide können auf den oculomotorischen (*OM*) und den locomotorischen Apparat (*LM*) übergehen.

Betrachten wir nun das nebenstehende Schema. Wir leiten im Sinne des glatten Pfeiles willkürlich also von *WI* aus eine active Bewegung ein, welche sich im Sinne der glatten Pfeile auf *OM* und *LM* überträgt. Die zugehörige Innervation empfinden wir unmittelbar. Eine besondere hiervon verschiedene Bewegungsempfindung ist also in diesem Fall unnöthig. Ist nun die Bewegung im Sinne des glatten Pfeiles eine (uns überraschende) passive, so gehen erfah-

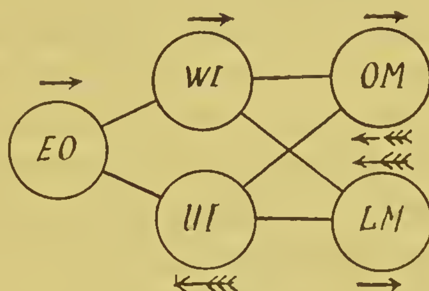


Fig. 23.

---

centrirt. Der betreffende Strahl muss also den Mittelpunkt *M* von *AB* treffen und schneidet demnach, weil er unter dem Incidenzwinkel von 45° auf Crownglas fällt *AB* unter etwa 16° 40′. Hiernach muss *OP* um etwa 0.115. *AB* von der Axe abstehen, welches Verhältniss am besten empirisch hergestellt wird, indem man das Prisma im Ocular so verschiebt, dass Schwankungen der Objecte in *g g* bei der Rotation wegfallen.

Die Figur 22 macht zugleich das Gesichtsfeld für das Auge in *O* ersichtlich. Der Strahl *OA* (welcher eben senkrecht auf *AC* fällt) wird an *AB* nach *AC* reflectirt und geht nach *S*. Der Strahl *OB* hingegen wird bei *B* reflectirt und tritt gebrochen nach *T* aus.

Der Apparat erwies sich bei meinen bisherigen Versuchen in jeder Beziehung als ausreichend. Bringt man ein gedrucktes Blatt nach *g g*, und rotirt so rasch, dass dessen Bild ganz verwischt wird, so kann man die Schrift durch das Ocular bequem lesen. Die Umkehrung wegen der Spiegelung könnte beseitigt werden, wenn man ober dem rotirenden

rungsmässig von *EO* über *UI* Reflexe aus, welche compensirende Bewegungen hervorbringen, was wir durch die gefiederten Pfeile andeuten. Betheiligt sich *WI* nicht, und gelingt die Compensation, so fällt hiermit auch die Bewegung und die Forderung einer Bewegungsempfindung weg. Wird aber die compensirende Bewegung von *WI* aus (absichtlich) unterdrückt, so ist hierzu wieder dieselbe Innervation wie bei der activen Bewegung nöthig, und sie liefert auch wieder die gleiche Bewegungsempfindung.

Das Organ *EO* ist also zu *WI* und *UI* so gestimmt, dass in den beiden letzteren mit demselben Bewegungsreiz des ersteren entgegengesetzte Innervationen zusammentreffen. Ausserdem haben wir aber noch folgende Verschiedenheit in der Beziehung von *EO* zu *WI* und *UI* zu bemerken. Für *EO* ist der Bewegungsreiz natürlich derselbe, ob die eingeleitete Bewegung eine passive oder active ist. Auch bei einer activen Bewegung würden die von *WI* ausgehenden Innervationen in ihrem Erfolg durch *EO* und *UI* aufgehoben, wenn nicht zugleich von *WI* mit der willkürlichen Innervation eine Hemmung nach *EO* oder *UI* ausginge. Den Einfluss von *EO* auf *WI* haben wir uns viel schwächer vorzustellen als jenen auf *UI*. Denken wir uns etwa drei Thiere *WI*, *UI* und *EO*, welche die Arbeit so getheilt hätten, dass das erste nur Angriffs-, das zweite nur Abwehr- oder

---

Ocularprisma ein zweites festes Reflexionsprisma anbringen würde, welche Complication mir aber unnöthig schien.

Bisher habe ich, ausser einigen physikalischen Versuchen, nur Rotationsversuche mit verschiedenen kleinen Wirbelthieren (Vögeln, Fischen) angestellt, und meine (in der Schrift über „Bewegungsempfindungen" angegebenen) Daten durchaus bestätigt gefunden. Es wäre aber wohl auch förderlich, wenn man mit Insecten und andern, namentlich niederen Thieren (Seethieren) ähnliche Versuche durchführen würde.

Fluchtbewegungen ausführte, während das dritte als Wächter aufgestellt wäre, mit einander zu einem neuen Wesen verbunden, wobei *WI* eine dominirende Stellung einnähme, so würde dies beiläufig dem dargestellten Verhältniss entsprechen. Es wird sich auch manches zu Gunsten einer derartigen Auffassung der höheren Thiere anführen lassen [37].

Ich will das eben Ausgesprochene nicht für ein vollständiges und nach allen Seiten zutreffendes Bild der Thatsachen ausgeben, bin mir vielmehr der Mängel meiner Ausführung bewusst. Das dem entwickelten Hauptgrundsatz (S. 28) entsprechende Streben aber, alle Raum- und Bewegungsempfindungen, welche im Gebiete des Gesichts- und Tastsinnes, bei der Ortsbewegung, als Schatten selbst bei der Erinnerung an die Locomotion, beim Gedanken an einen fernen Ort u. s. w. auftreten, auf eine Empfindungsqualität zurückzuführen, wird man gerechtfertigt finden. Die Annahme, dass diese Empfindungsqualität der Wille sei, soweit er sich auf Raumlage und räumliche Bewegung bezieht, oder die Innervationsempfindung, präjudicirt der weitern Forschung nicht, und stellt nur die Thatsachen dar, soweit sie bis jetzt bekannt sind [38].

---

37) Wenn ich einen kleinen Vogel mit der Hand anfassen will, so benimmt er sich dieser Hand gegenüber gerade so, wie sich etwa ein Mensch gegen einen riesigen Tintenfisch verhalten würde. — Bei Betrachtung einer Gesellschaft kleiner Kinder, deren Bewegungen noch wenig überlegt und geübt sind, machen namentlich die Hände und die Augen sehr stark den Eindruck polypenartiger Wesen. Selbstverständlich können solche Eindrücke keine wissenschaftliche Frage entscheiden, es kann aber sehr anregend sein, sich denselben zeitweilig hinzugeben.

38) Vergl. die Ansicht von Hering in Hermann's Handbuch der Physiologie Bd. III. 1. Th. S. 547.

11.

Aus den Erörterungen des vorigen Kapitels über Symmetrie und Aehnlichkeit können wir ohne weiteres den Schluss ziehen, dass gleichen Richtungen gesehener Linien gleichartige Innervationsempfindungen, zur Medianebene symmetrischen Linien sehr ähnliche Innervationsempfindungen, dem Blick nach oben und unten, in die Ferne und in die Nähe aber sehr verschiedene Innervationsempfindungen entsprechen, was nach den Symmetrieverhältnissen des motorischen Apparates der Augen grösstentheils auch von vornherein zu erwarten ist. Hiermit allein ist schon eine ganze Reihe eigenthümlicher physiologisch optischer Phänomene erledigt, die bisher kaum beachtet worden sind. Ich komme nun aber zu dem, nach physikalischer Schätzung wenigstens, wichtigsten Punkt.

Der Raum des Geometers ist ein Vorstellungsgebilde von dreifacher Mannigfaltigkeit, welches sich auf Grundlage von manuellen und intellectuellen Operationen entwickelt hat. Der optische Raum (Hering's Sehraum) steht in einer ziemlich complicirten geometrischen Verwandtschaft zu dem vorigen. Man kann mit Hülfe bekannter Ausdrücke die Sache noch am besten darstellen, wenn man sagt, dass der optische Raum den geometrischen (Euklides'schen) in einer Art Reliefperspective abbilde, was sich teleologisch auch erklären lässt. Jedenfalls ist aber auch der optische Raum eine dreifache Mannigfaltigkeit. Der Raum des Geometers zeigt in jedem Punkte und nach allen Richtungen dieselben Eigenschaften, was vom physiologischen Raum durchaus nicht gilt. Der Einfluss des physiologischen Raumes ist aber in der Geometrie noch vielfach zu be-

merken. Wenn wir z. B. convexe und concave Krümmung unterscheiden, so ist dies ein solcher Fall. Der Geometer sollte eigentlich nur die Abweichung vom Mittel der Ordinaten kennen.

12.

So lange man sich vorstellt, dass die (12) Augenmuskel einzeln innervirt werden, ist man nicht im Stande, diese fundamentale Thatsache zu erklären. Ich habe diese Schwierigkeit Jahre lang gefühlt, und auch die Richtung erkannt, in welcher nach dem Princip des Parallelismus des Physischen und Psychischen die Aufklärung zu suchen ist; die Auflösung selbst blieb mir wegen mangelhafter Erfahrung auf diesem Gebiet verborgen. Desto besser weiss ich Hering's Verdienst zu schätzen, der dieselbe gefunden hat. Den drei optischen Raumcoordinaten, Höhen-, Breiten- und Tiefenempfindung (Hering, Beiträge zur Physiologie. Leipzig, Engelmann 1861—65) entspricht nämlich nach den Ausführungen desselben Forschers (Die Lehre vom binocularen Sehen. Leipzig, Engelmann 1868) auch nur eine dreifache Innervation, welche beziehungsweise Rechts- oder Linkswendung, Erhebung oder Senkung und Convergenz der Augen hervorruft. Darin liegt für mich die wichtigste und wesentlichste Aufklärung[39]. Ob man nun die Innervation selbst für die Raumempfindung hält, oder sich hinter derselben erst die Raumempfindung vorstellt, was sofort zu entscheiden weder leicht noch nothwendig sein dürfte, jedenfalls wirft die Hering'sche Darlegung ein ausgiebiges

---

39) Dies ist der Punkt, auf welchen oben (S. 55, Anmerkung 27 und S. 64) hingewiesen wurde.

Licht in die psychische Tiefe des Sehprocesses. Auch die in Bezug auf Symmetrie und Aehnlichkeit von mir angeführten Erscheinungen fügen sich dieser Auffassung vortrefflich, was weiter auszuführen wohl unnöthig ist[40]).

---

40) Hiermit verschwindet auch die Schwierigkeit, die ich noch 1871 empfand, und in meinem Vortrag über „die Symmetrie" Prag, Calve (1872) mit den Worten aussprach: „Wenn nun auch von Geburt Einäugige ein gewisses Gefühl für Symmetrie haben, so ist dies freilich ein Räthsel. Freilich kann das Symmetriegefühl, wenn auch zunächst durch die Augen erworben, nicht auf diese beschränkt bleiben. Es muss sich wohl auch noch in andern Theilen des Organismus durch mehrtausendjährige Übung des Menschengeschlechtes festsetzen, und kann dann nicht mit dem Verlust des einen Auges sofort wieder verschwinden". — In der That bleibt der symmetrische Innervationsapparat, auch wenn das eine Auge verloren geht.





Beziehungen der Gesichtsempfindungen zu einander und zu anderen psychischen Elementen.

1.

Die Gesichtsempfindungen treten im normalen psychischen Leben nicht isolirt auf, sondern mit den Empfindungen anderer Sinne verknüpft. Wir sehen nicht optische Bilder in einem optischen Raum, sondern wir nehmen die uns umgebenden Körper mit ihren mannigfaltigen sinnlichen Eigenschaften wahr. Erst die absichtliche Analyse löst aus diesen Complexen die Gesichtsempfindungen heraus. Allein auch die Wahrnehmungen insgesammt kommen fast nur mit Gedanken, Wünschen, Trieben verknüpft vor. Durch die Sinnesempfindungen werden die den Lebensbedingungen entsprechenden Anpassungsbewegungen der Thiere ausgelöst. Sind diese Lebensbedingungen einfach, wenig und langsam veränderlich, so wird die unmittelbare Auslösung durch die Sinne zureichen [41]). Höhere intellectuelle Entwicklung wird unnöthig

41) Beachtung dieses Umstandes wird vor Überschätzung der Intelligenz niederer Thiere bewahren.

sein. Anders ist dies bei sehr mannigfaltigen und veränderlichen Lebensbedingungen. Ein so einfacher Anpassungsmechanismus kann sich da weder entwickeln, noch würde er zum Ziele führen.

Niedere Thiere verschlingen alles, was in ihre Nähe kommt, und den entsprechenden Reiz ausübt. Ein höher entwickeltes Thier muss seine Nahrung mit Gefahren suchen, die gefundene geschickt fassen, oder listig fangen, und vorsichtig prüfen. Ganze Reihen von verschiedenen Erinnerungen müssen vorbeiziehen, bevor eine den widerstreitenden gegenüber stark genug wird, die entsprechende Bewegung auszulösen. Hier muss also eine die Anpassungsbewegungen mitbestimmende Summe von Erinnerungen (oder Erfahrungen) den Sinnesempfindungen gegenüberstehen. Darin besteht der Intellect.

Bei höheren Thieren mit complicirten Lebensbedingungen sind in der Jugend die Complexe von Sinnesempfindungen, welche die Anpassungsbewegungen auslösen, oft sehr zusammengesetzt [42]). Mit der Entwicklung der Intelligenz werden immer kleinere Theile dieser Complexe zur Auslösung hinreichend, und die Sinnesempfindungen werden immer mehr und mehr durch den Intellect ergänzt und ersetzt, wie sich dies an Kindern und heranwachsenden Thieren täglich constatiren lässt.

2.

Die Vorstellungen haben also die Sinnesempfindungen, soweit sie unvollständig sind, zu ersetzen, und die durch letztere anfänglich allein bedingten Processe weiter zu spin-

---

42) Das Saugen der jungen Säugethiere. das S. 35 Anmerkung 21 beschriebene Verhalten des jungen Sperlings sind passende Beispiele hiefür.

nen. Die Vorstellungen dürfen aber im normalen Leben die Sinnesempfindungen, soweit letztere vorhanden sind, durchaus nicht verdrängen, wenn hieraus nicht die höchste Gefahr für den Organismus entspringen soll. In der That besteht im normalen psychischen Leben ein sehr scharfer Unterschied zwischen beiden Arten psychischer Elemente. Ich sehe eine schwarze Tafel vor mir. Ich kann mir mit der grössten Lebhaftigkeit auf dieser Tafel ein mit scharfen weissen Strichen gezogenes Sechseck oder eine farbige Figur vorstellen. Ich weiss aber, pathologische Fälle abgerechnet, immer was ich sehe, was ich mir vorstelle. Ich fühle, wie ich bei dem Uebergang zur Vorstellung die Aufmerksamkeit von dem Auge abwende, und anderswohin richte. Der auf der Tafel gesehene und der an derselben Stelle vorgestellte Fleck unterscheiden sich durch diese Aufmerksamkeit wie durch eine vierte Coordinate. Die Thatsachen würden nicht vollständig gedeckt, wenn man sagen würde, das Eingebildete lege sich über das Gesehene wie das Spiegelbild in einer unbelegten Glasplatte über die hindurchgesehenen Körper. Das ist vorläufig eine psychologische Thatsache, deren physiologische Erklärung sich gewiss auch finden wird.

Bei der stärkern Entwicklung der Intelligenz, welche durch die complicirten Lebensverhältnisse des Menschen bedingt ist, können die Vorstellungen zeitweilig die ganze Aufmerksamkeit auf sich ziehen, so dass Vorgänge in der Umgebung des Sinnenden nicht gesehen, an ihn gerichtete Fragen nicht gehört werden, was solcher Beschäftigung ungewohnte Menschen „Zerstreuung“ nennen, während es viel passender „Sammlung“ heissen würde. Wird nun der Betreffende in einem solchen Fall gestört, so empfindet er sehr deutlich die Arbeit beim Wechsel der Aufmerksamkeit.

3.

Die Beachtung dieser scharfen Grenze zwischen den Vorstellungen und Sinnesempfindungen ist sehr geeignet, vor Unvorsichtigkeit bei psychologischen Erklärungen der Sinnesphänomene zu schützen. Die bekannte Theorie der „unbewussten Schlüsse" wäre nie zu so breiter Entwicklung gelangt, wenn man mehr auf diesen Umstand geachtet hätte.

Das Organ der Vorstellungen können wir uns vorläufig als ein solches denken, welches (in einem geringeren Grade) aller specifischen Energieen der Sinnesorgane und der motorischen Organe fähig ist, so dass je nach seiner Aufmerksamkeitsstimmung bald diese, bald jene Energie eines Organs in dasselbe hineinspielen kann. Ein solches Organ wird vorzüglich geeignet sein, die physiologische Beziehung zwischen den verschiedenen Energieen zu vermitteln. Wie die Erfahrungen an Thieren mit entferntem Grosshirn lehren, gibt es ausser dem Vorstellungsorgan wahrscheinlich noch mehrere andere analoge Vermittlungsorgane, deren Vorgänge daher nicht in's Bewusstsein fallen.

Der Reichthum des Vorstellungslebens, wie wir denselben aus der Selbstbeobachtung kennen, tritt gewiss erst beim Menschen auf. Die Anfänge dieser Lebensäusserung, in welcher sich durchaus nur die Beziehung aller Theile des Organismus zu einander ausspricht, reichen ebenso gewiss tief in der Entwicklungsreihe der Thiere herab. Aber auch die Theile eines Organes müssen durch gegenseitige Anpassung zu einander in eine Beziehung treten, welche jener der Theile des Gesammtorganismus analog ist. Die beiden Netzhäute mit ihrem von den Lichtempfindungen abhängigen motorischen Accommodations- und Blendungsapparat geben ein sehr klares und bekanntes Beispiel eines solchen Verhältnisses. Das physiologische Experiment und die einfache

Selbstbeobachtung belehren uns darüber, dass ein solches Organ seine eigenen zweckmässigen Lebensgewohnheiten, sein besonderes Gedächtniss, fast möchte man sagen seine eigene Intelligenz hat.

Die lehrreichsten hierher gehörigen Beobachtungen sind wohl von Johannes Müller in seiner schönen Schrift „über die phantastischen Gesichtserscheinungen" (Coblenz 1826) zusammengestellt worden. Die von Müller u. A im wachen Zustande beobachteten Gesichtsphantasmen entziehen sich durchaus dem Einfluss des Willens und der Ueberlegung. Es sind selbstständige, nicht an das Vorstellungsorgan, sondern an das Sinnesorgan gebundene Erscheinungen, welche durchaus den Character des objectiv Gesehenen an sich tragen. Es sind wahre Phantasie- und Gedächtnisserscheinungen des Sinnes.

Jene Processe, welche in der „Sehsinnsubstanz" (nach Müller) normaler Weise als Folgen der Netzhauterregung sich abspielen, und welche das Sehen bedingen, können ausnahmsweise auch ohne Netzhauterregung spontan in der Sehsinnsubstanz auftreten, und die Quelle von Phantasmen oder Hallucinationen werden. Wir sprechen von Sinnengedächtniss, wenn sich die Phantasmen in ihrem Character stark an zuvor Gesehenes anschliessen, von Hallucinationen, wenn die Phantasmen freier und unvermittelter eintreten Eine scharfe Grenze zwischen beiden Fällen wird aber kaum festzuhalten sein [43]).

43) Ich kenne alle Arten von Gesichtsphantasmen aus eigener Anschauung. Das Hineinspielen von Phantasmen in undeutlich Gesehenes, wobei letzteres theilweise verdrängt wird, kommt wohl am häufigsten vor. — Als ich mich vor Jahren eingehender mit Pulscurven und Sphygmographie beschäftigte, traten mir die zarten weissen Curven auf schwarzem Grunde des Abends und auch bei Tage im Halbdunkel oft mit voller Lebhaftigkeit und Objectivität vor Augen. Auch später sah ich bei verschiedenen physikalischen Beschäftigungen analoge Erscheinungen des

Spuren von Phantasmen, wenn man die Netzhaut dem Einfluss der äusseren Reize entzieht und die Aufmerksamkeit dem Sehfelde allein zuwendet, sind fast immer vorhanden. Ja sie zeigen sich schon dann, wenn die äusseren Reize schwach und unbestimmt sind, im Halbdunkel, oder wenn man etwa eine Fläche mit matten verschwommenen Flecken, eine Wolke, eine graue Wand, beobachtet. Die Gestalten, die man dann zu sehen meint, soweit sie nicht auf einem blossen Herausheben und Zusammenfassen deutlich gesehener Flecke durch die Aufmerksamkeit beruhen, sind jedenfalls keine vorgestellten, sondern wenigstens theilweise spontane Phantasmen, welchen zeitweilig und stellenweise der Netzhautreiz weichen muss [44]).

„Sinnengedächtnisses." — Seltener traten mir bei Tage Bilder vor Augen, die ich zuvor nicht gesehen hatte. So leuchtete mir vor Jahren an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen auf dem Buch in welchem ich las. oder auf dem Schreibpapier ein hellrothes Capillarnetz (ähnlich einem sogenanntes Wundernetz) auf, ohne dass ich mich mit derartigen Formen beschäftigt hatte. — Das Sehen von lebhaft gefärbten veränderlichen Tapetenmustern vor dem Einschlafen war mir in meiner Jugend sehr geläufig; es tritt auch jetzt noch ein, wenn ich die Aufmerksamkeit darauf richte. Auch eines meiner Kinder erzählt mir oft vom „Blumensehen" vor dem Einschlafen. Seltener sehe ich Abends vor dem Einschlafen mannigfaltige menschliche Gestalten, die sich ohne meinen Willen ändern. Ein einziges Mal versuchte ich mit Erfolg ein menschliches Gesicht in einen skelettirten Schädel umzuwandeln; dieser vereinzelte Fall kann aber auch ein Zufall sein. — Dass beim Erwachen im dunklen Zimmer die letzten Traumbilder in lebhaften Farben mit einer Fülle von Licht noch vorhanden waren, ist mir oft vorgekommen. — Eine eigenthümliche Erscheinung, die mir seit einigen Jahren häufiger vorkommt, ist folgende. Ich erwache und liege mit geschlossenen Augen ruhig da. Vor mir sehe ich die Bettdecke mit allen ihren Fältchen, und auf derselben meine Hände mit allen Einzelheiten ruhig und unveränderlich. Öffne ich die Augen, so ist es entweder ganz finster, oder zwar hell, aber die Decke und die Hände liegen ganz anders als sie mir erschienen waren. Es ist dies ein besonders starres und dauerndes Phantasma, wie ich es unter andern Verhältnissen nicht beobachtet habe.

44) Leonardo da Vinci a. a. O. S. 56 bespricht das Hineinspielen der Phantasmen in das Gesehene in folgenden Worten:

Das stärkere selbstständige Auftreten der Phantasmen, ohne Anregung durch die Netzhaut, den Traum und den halbwachen Zustand abgerechnet, muss seiner biologischen Unzweckmässigkeit wegen als pathologisch angesehen werden. Ebenso müsste man jede abnorme Abhängigkeit der Phantasmen vom Willen als pathologisch bezeichnen. Solche Zustände mögen wohl bei jenen Irren vorkommen, welche sich für sehr mächtig, für Gott u. s. w., halten.

„Ich werde nicht ermangeln, unter diese Vorschriften eine neuerfundene Art des Schauens herzusetzen, die sich zwar klein und fast lächerlich ausnehmen mag, nichtsdestoweniger aber doch sehr brauchbar ist, den Geist zu verschiedenerlei Erfindungen zu wecken. Sie besteht darin, dass du auf manche Mauern hinsiehst, die mit allerlei Flecken bedeckt sind, oder auf Gestein von verschiedenem Gemisch. Hast du irgend eine Situation zu erfinden, so kannst du da Dinge erblicken, die verschiedenen Landschaften gleichsehen, geschmückt mit Gebirgen, Flüssen, Felsen, Bäumen, grossen Ebenen, Thal und Hügeln von mancherlei Art. Auch kannst du da allerlei Schlachten sehen, lebhafte Stellungen sonderbarer fremdartiger Figuren, Gesichtsmienen, Trachten und unzählige Dinge, die du in vollkommene und gute Form bringen magst. Es tritt bei derlei Mauern und Gemisch das Ähnliche ein, wie beim Klang der Glocken, da wirst du in den Schlägen jeden Namen und jedes Wort wiederfinden können, die du dir einbildest."

„Achte diese meine Meinung nicht gering, in der ich dir rathe, es möge dir nicht lästig erscheinen, manchmal stehen zu bleiben, und auf die Mauerflecken hinzusehen, oder in die Asche im Feuer, in die Wolken, oder in Schlamm und auf andere solche Stellen; du wirst, wenn du sie recht betrachtest, sehr wunderbare Erfindungen in ihnen entdecken. Denn des Malers Geist wird zu (solchen) neuen Erfindungen (durch sie) aufgeregt, sei es in Compositionen von Schlachten, von Thier und Menschen, oder auch zu verschiedenerlei Compositionen von Landschaften und von ungeheuerlichen Dingen, wie Teufeln u. dgl., die angethan sind, dir Ehre zu bringen. Durch verworrene und unbestimmte Dinge wird nämlich der Geist zu neuen Erfindungen wach. Sorge aber vorher, dass du alle die Gliedmassen der Dinge, die du vorstellen willst, gut zu machen verstehst, so die Glieder der lebenden Wesen, wie auch die Gliedmassen der Landschaft, nämlich die Steine, Bäume u. dgl."

4.

Nach diesen Vorbemerkungen wollen wir einige physiologisch optische Erscheinungen betrachten, deren vollständige Erklärung zwar noch fern liegt, die aber als Aeusserungen eines selbstständigen Lebens der Sinnesorgane relativ noch am verständlichsten sind.

Man sieht gewöhnlich mit beiden Augen, und zu einem bestimmten Zweck im Dienste des Lebens, nicht Farben und Formen, sondern die Körper im Raume. Nicht die Elemente des Complexes, sondern der ganze physiologisch optische Complex ist von Wichtigkeit. Diesen Complex sucht das Auge nach den unter seinen Lebensbedingungen erworbenen (oder ererbten) Gewohnheiten zu ergänzen, wenn er einmal in Folge besonderer Umstände unvollständig auftritt. Das geschieht zunächst leicht beim Sehen mit einem Auge, oder auch beim Sehen sehr ferner Objecte mit beiden Augen, wenn die stereoscopischen Differenzen in Bezug auf den Augenabstand verschwinden.

Man nimmt gewöhnlich nicht Licht und Schatten, sondern räumliche Objecte wahr. Der Selbstschatten der Körper wird kaum bemerkt. Die Helligkeitsdifferenzen lösen Tiefenempfindungsdifferenzen aus, und helfen den Körper modelliren, wo die stereoscopischen Differenzen hierzu nicht mehr ausreichen, wie dies bei Betrachtung ferner Gebirge sehr auffallend wird.

Sehr belehrend ist in dieser Hinsicht das Bild auf der matten Tafel der photographischen Kammer. Man erstaunt hier oft über die Helligkeit der Lichter und die Tiefe der Schatten, die man an den Körpern gar nicht bemerkte, solange man nicht genöthigt war, alles in einer Ebene zu sehen. Ich erinnere mich aus meinen Kinderjahren sehr

wohl, dass mir jede Schattirung einer Zeichnung als eine ungerechtfertigte und entstellende Manier erschien, und dass mich eine Contourzeichnung viel mehr befriedigte. Es ist ebenso bekannt, dass ganze Völker, wie die Chinesen, trotz entwickelter artistischer Technik gar nicht oder nur mangelhaft schattiren.

Folgendes Experiment, das ich vor vielen Jahren angestellt habe, illustrirt sehr deutlich die berührte Beziehung zwischen Lichtempfindung und Tiefenempfindung. Wir stellen eine geknickte Visitenkarte vor uns auf den Schreibtisch, so dass sie die erhabene Kante *b e* uns zukehrt. Von links falle das Licht ein. Die Hälfte *a b d e* ist dann viel heller, *b c e f* viel dunkler, was aber bei unbefangener Betrachtung kaum bemerkt wird. Nun schliessen wir e i n Auge. Hiermit verschwindet ein Theil der Raumempfindungen. Noch immer sehen wir das geknickte Blatt r ä u m l i c h und an der Beleuchtung nichts Auffallendes. Sobald es uns aber gelingt, statt der erhabenen Kante *b e* eine h o h l e zu sehen, erscheinen Licht und Schatten wie mit Deckfarben d a r a u f g e m a l t. Eine solche „Inversion“ ist möglich, weil durch ein monoculares Bild die Tiefe nicht bestimmt ist. Stellt in Fig. 25, 1 *O* das Auge, *a b c* den Durchschnitt eines geknickten Blattes, der Pfeil die Lichtrichtung vor, so erscheint *a b* heller als *b c*. In 2 ist ebenso *a b* heller als *b c*. Das Auge muss, wie man sieht, die Gewohnheit annehmen, mit der Helligkeit der gesehenen Flächenelemente auch das G e f ä l l e der Tiefenempfindung

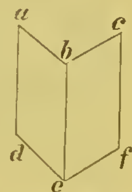


Fig. 24.

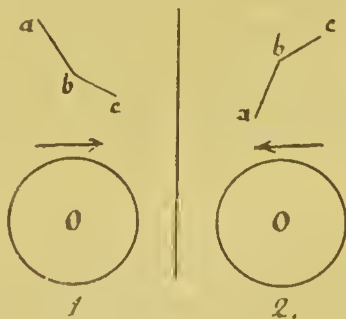


Fig. 25.

zu wechseln. Das Gefälle und die Tiefe nimmt mit abnehmender Helligkeit nach rechts ab, wenn das Licht von links einfällt (1), umgekehrt wenn es von rechts einfällt. Da die Hüllen des Bulbus, in welchen die Netzhaut eingebettet ist, durchscheinend sind, so ist es auch für die Lichtvertheilung auf den Netzhäuten nicht gleichgültig, ob das Licht von rechts oder von links einfällt. Die Umstände sind also ganz darnach angethan, dass sich ohne alles Zuthun des Urtheils eine feste Gewohnheit des Auges herausbilden kann, vermöge welcher Helligkeit und Tiefe in bestimmter Weise verbunden werden. Gelingt es nun, einen Theil der Netzhaut, wie in dem obigen Versuch, vermöge einer andern Gewohnheit mit der ersteren in Widerstreit zu bringen, so äussert sich dies durch auffallende Empfindungen.

Es soll mit dem Gesagten nur der Character der Erscheinung bezeichnet, und die Richtung angedeutet werden, nach welcher eine physiologische Erklärung (mit Ausschluss psychologischer Speculationen) zu suchen ist. Bemerken wollen wir noch, dass in Bezug auf Empfindungsqualitäten, welche mit einander in Wechselbeziehung stehen, ein dem Gesetz der Erhaltung der Energie ähnliches Princip zu herrschen scheint. Die Helligkeitsdifferenzen verwandeln sich theilweise in Tiefendifferenzen, und werden selbst dabei schwächer. Auf Kosten von Tiefendifferenzen können umgekehrt die Helligkeitsdifferenzen vergrössert werden. Eine analoge Bemerkung wird sich noch bei einer andern Gelegenheit ergeben.

5.

Die Gewohnheit Körper zu beobachten, d. h. einer grössern räumlich zusammenhängenden Masse von Lichtempfindungen die Aufmerksamkeit zuzuwenden, bringt eigen-

thümliche, zum Theil überraschende Erscheinungen mit sich. Eine zweifarbige Malerei oder Zeichnung z. B. sieht im allgemeinen ganz verschieden aus, je nachdem man die eine oder die andere Farbe als Grund auffasst. Die Vexirbilder, in welchen etwa ein Gespenst zwischen Baumstämmen erscheint, sobald man den hellen Himmel als Object, die dunklen Bäume aber als Grund auffasst, sind bekannt. Nur ausnahmsweise bieten Grund und Object dieselbe Form dar, worin ein häufig verwendetes ornamentales Motiv besteht, wie dies z. B. die Fig. 26 von S. 15 der erwähnten Grammar of ornament, ferner die Figuren 20, 22 der Tafel 35, Figur 13 der Tafel 43 jenes Werkes veranschaulichen.



Fig. 26.

6.

Die Erscheinungen des Raumsehens, welche bei monocularer Betrachtung eines perspectivischen Bildes, oder, was auf dasselbe hinauskommt, bei monocularer Betrachtung eines Objectes auftreten, werden gewöhnlich als fast selbstverständliche sehr leichthin behandelt. Ich bin aber der Meinung, dass an denselben noch mancherlei zu erforschen ist. Durch dasselbe perspectivische Bild, welches unendlich vielen verschiedenen Objecten angehören kann, ist die Raumempfindung nur theilweise bestimmt. Wenn also gleichwohl von den vielen dem Bilde zugehörigen denkbaren Körpern nur sehr wenige wirklich gesehen werden, und zwar mit dem Character

der vollen Objectivität, so muss dies einen triftigen Grund haben. Es kann nicht auf dem Hinzudenken von Nebenbestimmungen beruhen, nicht auf bewussten Erinnerungen, welche uns auftauchen, sondern auf bestimmten Lebensgewohnheiten des Gesichtssinnes.

Verfährt der Gesichtssinn nach den Gewohnheiten, welche er unter den Lebensbedingungen der Art und des Individuums erworben hat, so kann man zunächst annehmen, dass er nach dem Princip der Wahrscheinlichkeit vorgeht, d. h. diejenigen Functionen, welche am häufigsten zusammen ausgelöst wurden, werden auch zusammen auftreten, wenn nur eine allein angeregt wird. Diejenigen Tiefenempfindungen z. B., welche am häufigsten mit einem bestimmten perspectivischen Bild verbunden sind, werden auch leicht reproducirt, wenn jenes Bild auftritt, ohne dass diese Empfindungen mitbestimmt sind. Ausserdem scheint sich beim Sehen perspectivischer Bilder ein Princip der Sparsamkeit auszusprechen, d. h. der Gesichtssinn ladet sich von selbst keine grössere Anstrengung auf als diejenige, welche durch den Reiz bestimmt ist. Beide Principien fallen, wie wir sehen werden, in ihren Wirkungen zusammen.

7.

Wir wollen uns das eben Ausgesprochene in den Einzelheiten erläutern. Betrachten wir eine Gerade in einem perspectivischen Bilde, so sehen wir diese immer als eine Gerade im Raume, obgleich die Gerade als perspectivisches Bild unendlich vielen verschiedenen ebenen Curven als Objecten entsprechen kann. Allein nur in dem besondern Fall, dass die Ebene einer Curve durch den Kreuzungspunkt

des einen Auges hindurchgeht, wird sie sich auf der betreffenden Netzhaut als Gerade (beziehungsweise als grösster Kreis) abbilden, und nur in dem noch specielleren Fall, dass die Curvenebene durch die Kreuzungspunkte beider Augen hindurchgeht, bildet sie sich für beide Augen als Gerade ab. Es ist also sehr unwahrscheinlich, dass eine ebene Curve als Gerade erscheint, während dagegen eine Gerade im Raume sich immer als Gerade auf beiden Netzhäuten abbildet. Das wahrscheinlichste Object also, welches einer perspectivischen Geraden entspricht, ist eine Gerade im Raume.

Die Gerade hat mannigfaltige geometrische Eigenschaften. Diese geometrischen Eigenschaften, z. B. die bekannte Eigenschaft, die Kürzeste zwischen zwei Punkten darzustellen, sind aber physiologisch nicht von Belang. Wichtiger ist schon, dass in der Medianebene liegende oder zur Medianebene senkrechte Gerade physiologisch zu sich selbst symmetrisch sind. Die in der Medianebene liegende Verticale zeichnet sich ausserdem noch durch die grösste Gleichmässigkeit der Tiefenempfindung und durch ihre Coïncidenz mit der Richtung der Schwere physiologisch aus. Alle verticalen Geraden können leicht und rasch mit der Medianebene zur Coïncidenz gebracht werden, und nehmen daher an diesem physiologischen Vorzug theil. Allein die Gerade im Raume überhaupt muss sich noch durch etwas anderes physiologisch auszeichnen. Die Gleichheit der Richtung in allen Elementen wurde schon früher hervorgehoben. Jedem Punkt der Geraden im Raume entspricht aber auch das Mittel der Tiefenempfindungen der Nachbarpunkte. Die Gerade im Raume bietet also ein Minimum der Abweichungen vom Mittel der Tiefenempfindungen dar. Es liegt hiernach die Annahme nahe, dass die Gerade mit der geringsten Anstrengung gesehen wird.

Der Gesichtssinn geht also nach dem Princip der Sparsamkeit vor, wenn er uns mit Vorliebe Gerade vorspiegelt, und zugleich nach dem Princip der Wahrscheinlichkeit[45].

8.

Die Abweichung einer Empfindung vom Mittel der Nachbarempfindungen fällt überhaupt immer auf, und fordert von dem Sinnesorgan eine besondere Anstrengung. Jede Krümmung einer Curve, jede Hervorragung oder Vertiefung einer Fläche bedeutet immer die Abweichung einer Raumempfindung von dem Mittel der Umgebung, auf welche die Aufmerksamkeit gerichtet ist. Die Ebene zeichnet sich physiologisch dadurch aus, dass jene Abweichung vom Mittel ein Minimum, oder speciell für jeden Punkt = 0 ist. Betrachtet man im Stereoscop irgend eine fleckige Fläche, deren Theilbilder sich noch nicht zu einem binocularen Bilde vereinigt haben, so macht es einen besonders wohlthuenden Eindruck, wenn sich dieselbe plötzlich zu einer Ebene ausstreckt. Der ästhetische Eindruck des Kreises und der Kugel scheint wesentlich darauf zu beruhen, dass die bezeichnete Abweichung vom Mittel für alle Punkte gleich ist.

---

45) Noch 1866 schrieb ich in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie Bd. 54: „Da die gerade Linie den civilisirten Menschen immer und überall umgiebt, so kann man wohl annehmen, dass jede auf der Netzhaut mögliche Gerade unzähligemal auf jede mögliche Art als Gerade im Raume gesehen worden sei. Die Fähigkeit des Auges im Auslegen der Geraden darf uns daher nicht befremden.“ — Ich schrieb schon damals diese Stelle (entgegen der Darwinistischen Anschauung, die ich in derselben Abhandlung geltend machte) mit halbem Herzen. Heute bin ich mehr als je überzeugt, dass die erwähnte Fähigkeit keine Folge der individuellen Übung, ja nicht einmal der menschlichen Übung ist, sondern dass sie auch den Thieren zukommt, und theilweise wenigstens ein Erbstück ist.

Dass die Abweichung vom Mittel der Umgebung in Bezug auf die Lichtempfindung eine Rolle spielt, habe ich in einer älteren Arbeit nachgewiesen[46]). Malt man eine

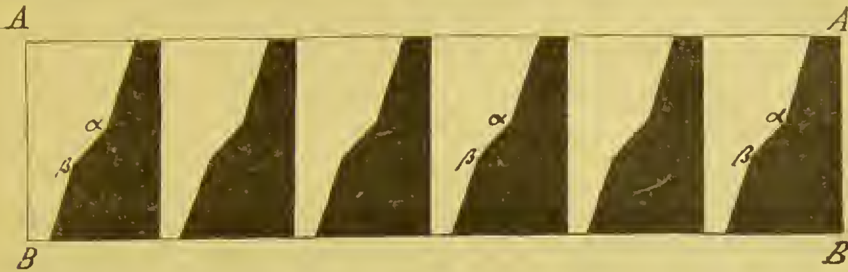


Fig. 27.

Reihe von schwarzen und weissen Sectoren, wie dies in Figur 27 angedeutet ist, auf einen Papierstreifen *AA BB*, und wickelt diesen nachher als Mantel auf einen Cylinder, dessen Axe parallel *A B* ist, so entsteht durch die rasche Rotation des letzteren ein graues Feld mit von *B* gegen *A* zu wachsender Helligkeit, in welchem aber ein hellerer Streifen $\alpha\ \alpha$ und ein dunklerer $\beta\ \beta$ hervortritt. Die Stellen, welche den Knickungen α entsprechen, sind nicht physikalisch heller als die Umgebung, ihre Lichtintensität übertrifft aber das Intensitäts-Mittel der nächsten Umgebung, während umgekehrt die Intensität bei β unter der mittleren Intensität der Umgebung bleibt[47]). Diese Abweichung vom Mittel wird also deutlich empfunden, und ladet demnach dem

46) Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut. Sitzungsberichte der Wiener Akademie (1865) Bd. 52. — Fortsetzungen dieser Untersuchung: Sitzber. (1866) Bd. 54, Sitzber. (1868) Bd. 57, Vierteljahrsschrift für Psychiatrie, Neuwied-Leipzig 1868 (über die Abhängigkeit der Netzhautstellen von einander).

47) Eine Bemerkung über Analogieen zwischen der Lichtempfindung und der Potentialfunction findet sich in meiner Note „über Herrn Guébhard's Darstellung der Aequipotentialcurven". Wiedemann's Annalen (1882) Bd. XVII. S. 864.

Sehorgan eine besondere Arbeit auf. Welche Bedeutung dieser Umstand für das Hervorheben und die Begrenzung der Objecte hat, darauf habe ich vor langer Zeit schon hingewiesen.

9.

In Bezug auf die durch ein monoculares Bild ausgelöste Tiefenempfindung sind die folgenden Versuche lehrreich. Die Zeichnung Figur 28 ist ein ebenes Viereck mit den beiden Diagonalen. Betrachten wir sie monocular, so erscheint sie auch, dem Wahrscheinlichkeits- und Sparsamkeitsgesetz entsprechend, am leichtesten eben. Nicht ebene Objecte zwingen in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle das Auge zum Tiefensehen. Wo dieser Zwang fehlt, ist das ebene Object das wahrscheinlichste und zugleich für das Sehorgan das bequemste.

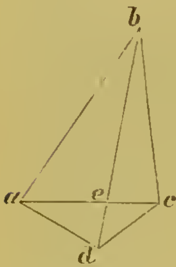


Fig. 28.

Dieselbe Zeichnung kann monocular noch als ein Tetraëder gesehen werden, dessen Kante *bd* vor *ac* liegt, oder als ein Tetraëder, dessen Kante *bd* hinter *ac* liegt. Der Einfluss der Vorstellung und des Willens auf den Sehprocess ist ein höchst beschränkter, er reducirt sich auf die Leitung der Aufmerksamkeit, und auf die Auswahl der Stimmung des Sehorgans für einen von mehreren in seiner Gewohnheit liegenden Fällen, von welchen aber jeder einzelne gewählte sich dann mit maschinenmässiger Sicherheit und Präcision einstellt. Auf den Punkt *e* achtend, kann man in der That willkürlich zwischen den beiden optisch möglichen Tetraëdern wechseln, je nachdem man sich *bd* näher oder ferner als *ac* vorstellt. Für diese beiden Fälle ist das Seh-

organ eingeübt, weil häufig ein Körper durch den andern theilweise gedeckt wird.

Dieselbe Zeichnung kann endlich als eine vierseitige Pyramide gesehen werden, wenn man sich den ausgezeichneten Durchschnittspunkt *e* vor oder hinter der Ebene *abcd* vorstellt. Dies gelingt schwer, wenn *bed* und *aec* zwei vollkommene Gerade sind, weil es der Gewohnheit des Sehorgans widerstreitet, eine Gerade ohne Zwang geknickt zu sehen; es gelingt überhaupt nur, weil der Punkt *e* eine Sonderstellung hat. Findet sich aber bei *e* eine kleine Knickung, so hat der Versuch keine Schwierigkeit.

Die Wirkung einer linearen perspectivischen Zeichnung auf den der Perspective Unkundigen, sobald er überhaupt von der Zeichnungsebene abzusehen vermag, was bei monocularer Betrachtung leicht gelingt, tritt ebenso sicher ein, wie bei vollständiger Kenntniss der Perspectivlehre. Die Ueberlegung und auch die Erinnerung an gesehene Objecte hat nach meiner Ueberzeugung mit dieser Wirkung wenig oder nichts zu schaffen. Warum die Geraden der Zeichnung als Gerade in Raume gesehen werden, wurde schon erörtert. Wo Gerade in einem Punkt der Zeichnungsebene zu convergiren scheinen, werden die convergirenden oder sich annähernden Enden nach dem Wahrscheinlichkeitsprincip und dem Sparsamkeitsprincip in gleiche oder nahe gleiche Tiefe verlegt. Hierdurch ist die Wirkung der Fluchtpunkte gegeben. Parallel können solche Linien gesehen werden, die Nothwendigkeit eines solchen Eindrucks besteht aber nicht. Halten wir die Zeichnung Figur 29 in gleicher Höhe mit dem Auge, so kann sie uns den Blick in die Tiefe eines Ganges vorspiegeln. Die Enden *ghef* werden in gleiche

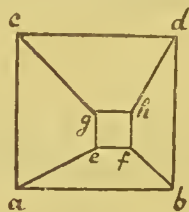


Fig. 29.

Ferne verlegt. Ist die Entfernung gross, so scheinen hierbei die Linien *a e*, *b f*, *c g*, *d h* horizontal. Erhebt man die Zeichnung, so heben sich die Enden *e f g h*, und der Boden *a b e f* scheint bergan zu steigen. Bei Senkung der Zeichnung tritt die umgekehrte Erscheinung ein. Analoge Veränderungen beobachten wir, wenn wir die Zeichnung rechts oder links zur Seite schieben. Hierbei kommen nun die Elemente der perspectivischen Wirkung zum einfachen und klaren Ausdruck.

Ebene Zeichnungen, wenn sie durchweg aus geraden Linien bestehen, die sich überall rechtwinklig durchschneiden, erscheinen fast nur eben. Kommen schiefe Durchschnitte und krumme Linien vor, so treten die Linien leicht aus der Ebene heraus, wie z. B. die Figur 30 zeigt, welche man ohne Mühe als ein gekrümmtes Blatt auffasst. Wenn eine solche Contour wie Figur 30 eine bestimmte Form im Raume angenommen hat, und man sieht dieselbe als Grenze einer Fläche, so erscheint letztere, um es kurz zu sagen, möglichst flach, also wieder mit einem Minimum der Abweichung vom Mittel der Tiefenempfindung[48]).



Fig. 30.

10.

Die eigenthümliche Wechselwirkung, sich schief in der Zeichnungsebene (beziehungsweise auf der Netzhaut) durch-

---

48) Die Tiefenempfindung verhält sich hier wieder ähnlich der Potentialfunction in einem Raum, an dessen Grenzen sie bestimmt ist. Diese möglichst flache Fläche fällt nicht zusammen mit der Fläche minimae areae, welche man erhalten würde, wenn die gesehene räumliche Contour, aus Draht dargestellt, und in Seifenlösung getaucht, sich mit einer Plateau'schen Flüssigkeitshaut erfüllen würde.

schneidender Linien, vermöge welcher sich dieselben gegenseitig aus der Zeichnungsebene (beziehungsweise aus der zur Visirlinie senkrechten Ebene) heraustreiben, habe ich zuerst bei Gelegenheit des vorher (S. 87) erwähnten Experimentes mit der monocularen Inversion des Kartenblattes beobachtet. Das Blatt Figur 31, dessen gegen mich convexe Kante *b e* vertical steht, legt sich, wenn es mir gelingt, *b e* concav zu sehen, wie ein aufgeschlagenes Buch auf den Tisch, so dass *b* ferner erscheint als *e*. Kennt man die Erscheinung einmal, so gelingt die Inversion fast bei jedem Object, und man kann dann immer mit der Formänderung (Umstülpung) zugleich jene merkwürdige Aenderung der Orientirung (Stellung) des Objectes beobachten.

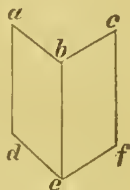


Fig. 31.

Besonders überraschend gestaltet sich der Vorgang bei durchsichtigen Objecten. Es sei *a b c d* der Durchschnitt eines Glaswürfels auf einem Tisch *t t*, und *O* das Auge. Bei der monocularen Inversion rückt die Kante *a* nach *a'*, *b* aber näher heran nach *b'*, *c* nach *c'* und *d* nach *d'*. Der Würfel scheint nun auf der Kante *c'* schief auf dem Tisch *t' t'* zu stehn. Um die Zeichnung übersichtlicher zu gestalten, wurden die beiden Bilder nicht ineinander, sondern hintereinander dargestellt. Ein theilweise mit gefärbter Flüssigkeit gefülltes Trinkglas, an die Stelle des Würfels gesetzt, stellt sich natürlich sammt seiner Flüssigkeitsoberfläche ebenfalls schief.

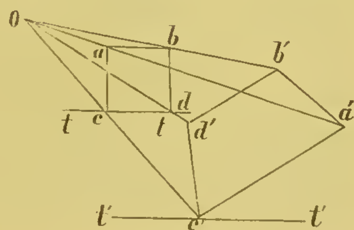


Fig. 32.

Dieselben Erscheinungen kann man bei genügender Aufmerksamkeit auch an jeder Linearzeichnung beobachten. Wenn man das Blatt mit der Figur 31 vertical vor sich

hinstellt, und monocular betrachtet, so sieht man, wenn *b e* convex ist, *b* vortreten, wenn *b e* concav ist, *e* vortreten, sich dem Beobachter nähern, und *b* zurückweichen. Man kann kurz sagen, die Schenkel eines spitzen Winkels treiben sich nach verschiedenen Seiten, die Schenkel eines stumpfen Winkels nach derselben Seite aus der Zeichnungsebene oder aus der zur Visirlinie senkrechten Ebene heraus. Man kann auch sagen, alle Winkel streben dem rechten zu.

Ich habe bald erkannt, dass die Erscheinung von der bei der Zöllner'schen Pseudoscopie auftretenden nicht wesentlich verschieden sei. Obgeich diese Phänomene vielfach studirt worden sind, existirt zur Zeit doch keine befriedigende Erklärung derselben. Mit so leichtfertigen Erklärungen, wie etwa jener, dass wir gewohnt seien, vorzugsweise rechte Winkel zu sehen, darf man natürlich nicht kommen, wenn die ganze Untersuchung nicht verfahren, oder vorzeitig abgebrochen werden soll. Wir sehen oft genug schiefwinklige Objecte, dagegen ohne künstliche Veranstaltung niemals, wie in dem obigen Experiment, einen ruhigen schiefen Flüssigkeitsspiegel. Dennoch zieht das Auge, wie es scheint, den schiefen Flüssigkeitsspiegel einem schiefwinkligen Körper vor.

11.

Die elementare Macht, die sich in diesen Vorgängen ausspricht, hat nach meiner Ueberzeugung ihre Wurzel in viel einfacheren Gewohnheiten des Sehorgans, welche kaum erst im Culturleben des Menschen entstanden sind. Ich habe versucht, die Erscheinungen durch einen dem Farbencontrast analogen Richtungscontrast zu erklären, ohne zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen. Das Princip der Sparsamkeit gibt mir ebenfalls keine Auskunft.

Etwas mehr Aussicht auf Erfolg scheint das Princip der Wahrscheinlichkeit zu bieten. Wir denken uns die Netzhaut als Vollkugel und den Scheitel eines Winkels a im Raume fixirt. Die Ebenen, welche durch den Kreuzungspunkt des Auges und die Winkelschenkel hindurchgehend die letzteren auf die Netzhaut projiciren, schneiden auf dieser ein sphärisches Zweieck mit dem Winkel A aus, welcher den Winkel des monocularen Bildes vorstellt. Demselben beliebigen A können nun unzählige Werthe von a zwischen 0° und 180° entsprechen, wie man erkennt, wenn man bedenkt, dass die Schenkel des objectiven Winkels jede beliebige Lage in den erwähnten projicirenden Ebenen annehmen können. Einem gesehenen Winkel A können also alle Werthe des objectiven Winkels a entsprechen, welche sich ergeben, wenn man jede der Dreiecksseiten b und c zwischen 0° und 180° variiren lässt. Hierbei ergibt sich nun wirklich, wenn man die Rechnung in einer bestimmten Weise anlegt, dass gesehenen spitzen Winkeln als wahrscheinlichstes Object ein grösserer Winkel, gesehenen stumpfen Winkeln ein kleinerer Winkel entspricht. Ich war jedoch nicht in der Lage zu entscheiden, ob jene Fälle, welche man als geometrisch gleich mögliche anzusehen geneigt ist, auch als physiologisch gleich mögliche betrachtet werden dürfen, was wesentlich und wichtig wäre. Auch ist mir die ganze Betrachtung noch etwas zu künstlich.

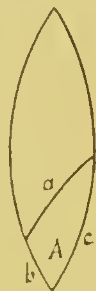


Fig. 33.

12.

Eine ebene Linearzeichnung, monocular betrachtet, erscheint oft eben. Macht man aber die Winkel veränderlich und leitet die Bewegung ein, so streckt sich jede derartige

Zeichnung sofort in die Tiefe. Man sieht dann gewöhnlich einen starren Körper in einer Drehung begriffen, wie ich dies bei einer früheren Gelegenheit[49]) beschrieben habe. Die bekannten Lissajous'schen Schwingungsfiguren, welche bei Wechsel des Phasenunterschiedes auf einem gedrehten Cylinder zu liegen scheinen, bieten ein schönes Beispiel des betreffenden Vorganges.

Man könnte nun hier wieder auf die Gewohnheit hinweisen, mit starren Körpern umzugehn. Starre Körper, in Drehungen und Wendungen begriffen, umgeben uns in der That fortwährend. Ja die ganze materielle Welt, in welcher wir uns bewegen, ist gewissermassen ein starrer Körper, und ohne die Hilfe starrer Körper gelangen wir überhaupt nicht zur Vorstellung des geometrischen Raumes. Wir achten auch gewöhnlich nicht auf die Lage der einzelnen Punkte eines Körpers im Raum, sondern fassen ohne Weiteres dessen Dimensionen auf. Darin liegt hauptsächlich für den Ungeübten die Schwierigkeit, ein perspectivisches Bild zu entwerfen. Kinder, welche gewohnt sind, die Körper in ihren wahren Dimensionen zu sehen, können sich mit perspectivischen Verkürzungen nicht abfinden, und sind von einem einfachen Aufriss, von einer Profilzeichnung weit mehr befriedigt. Ich weiss mich dieses Zustandes sehr wohl zu erinnern, und begreife durch diese Erinnerung die Zeichnungen der alten Aegypter, welche alle Körpertheile der Figuren soweit als möglich in ihren wahren Dimensionen darstellen, und dieselben desshalb in die Zeichnungsebene gleichsam hineinpressen, wie die Pflanzen in ein Herbar. Auch in den Pompejanischen Wandgemälden begegnen wir, obgleich hier der Sinn für Perspective schon deutlich ist, noch einer

49) Beobachtungen über monoculare Stereoscopie. Sitzungsberichte d. Wiener Akademie (1868) Bd. 58.

merklichen Scheu vor Verkürzungen. Die alten Italiener hingegen, im Gefühle ihrer Sachkenntniss, gefallen sich oft in übermässigen, zuweilen sogar unschönen Verkürzungen, welche dem Auge mitunter eine bedeutende Anstrengung zumuthen.

13.

Es ist also keine Frage, dass uns das Sehen starrer Körper mit den festen Abständen ihrer ausgezeichneten Punkte viel geläufiger ist als das Aussondern der Tiefe, welches sich immer erst durch eine absichtliche Analyse ergibt. Demnach können wir erwarten, dass überall, wo eine zusammenhängende Masse, die vermöge des gemeinsamen Farbencharakters als Einheit auftritt, eine räumliche Veränderung zeigt, diese mit Vorliebe als Bewegung eines starren Körpers gesehen wird. Ich muss aber gestehen, dass mich diese Auffassung wenig befriedigt. Vielmehr glaube ich, dass auch hier eine elementare Gewohnheit des Sehorgans zu Grunde liegt, welche nicht erst durch die bewusste individuelle Erfahrung entstanden ist, sondern welche im Gegentheil schon das Auffassen der Bewegungen starrer Körper erleichtert hat. Würden wir z. B. annehmen, dass jede Verkleinerung der Querdimension einer optischen Empfindungsmasse, welcher die Aufmerksamkeit zugewendet wird, eine entsprechende Vergrösserung der Tiefendimension herbeizuführen strebt, und umgekehrt, so wäre dieser Process ganz analog demjenigen, dessen schon oben gedacht, und der mit der Erhaltung der Energie verglichen wurde. Die berührte Ansicht ist entschieden viel einfacher und zur Erklärung ebenfalls ausreichend. Man kann sich auch leichter vorstellen, wie eine so elementare Gewohnheit erworben,

wie sie in der Organisation ihren Ausdruck finden, und wie die Stimmung für dieselbe vererbt werden kann.

Als Gegenstück zu der Drehung starrer Körper, welche uns das Sehorgan vorspiegelt, will ich hier noch eine andere Beobachtung anführen. Wenn man ein Ei oder ein Ellipsoïd mit matter gleichmässiger Oberfläche über den Tisch rollt, jedoch so, dass es sich nicht um die Axe des Rotationskörpers dreht, sondern hüpfende Bewegungen ausführt, so glaubt man bei binocularer Betrachtung einen flüssigen Körper, einen grossen schwingenden Tropfen, vor sich zu haben. Noch auffallender ist die Erscheinung, wenn ein Ei, dessen Längsaxe horizontal liegt, um eine verticale Axe in mässig rasche Rotation versetzt wird. Dieser Eindruck verschwindet sofort, wenn auf der Oberfläche des Eies Flecken angebracht werden, deren Bewegung man verfolgen kann. Man sieht dann den gedrehten starren Körper.

Die in diesem Kapitel gegebenen Erklärungen sind von Vollständigkeit gewiss noch weit entfernt, doch glaube ich, dass meine Ausführungen ein exacteres und eingehenderes Studium der besprochenen Erscheinungen anregen und anbahnen können.





Die Zeitempfindung[50]).

1.

Viel schwieriger als die Raumempfindung ist die Zeitempfindung zu untersuchen. Manche Empfindungen treten mit, andere ohne Raumempfindung auf. Die Zeitempfindung begleitet aber jede andere Empfindung, und kann von keiner gänzlich losgelöst werden. Wir sind also bei der Untersuchung darauf angewiesen, auf die Variationen der Zeitempfindung zu achten. Zu dieser psychologischen Schwierigkeit gesellt sich noch die andere, dass die physiologischen Processe, an welche die Zeitempfindung geknüpft ist, noch weniger bekannt sind, tiefer und verborgener liegen als die andern Empfindungen entsprechenden Processe. Die Analyse muss sich also vorzugsweise auf die psychologische Seite beschränken, ohne von der physischen, wie dies in andern Sinnesgebieten wenigstens theilweise möglich ist, entgegenzukommen.

---

50) Der Standpunkt, den ich hier einnehme, ist nur wenig verschieden von jenem meiner „Untersuchungen über den Zeitsinn des Ohres" (Sitzber. d. Wiener Akademie Bd. 51, 1865). Auf die Einzelheiten dieser ältern Versuche, die ich schon 1860 begonnen habe, will ich hier nicht wieder zurückkommen.

2.

Dass es eine besondere specifische Zeitempfindung gibt, scheint mir nicht zweifelhaft. Der gleiche Rhythmus der beiden nebenstehenden Tacte von gänzlich ver-



schiedener Tonfolge wird unmittelbar erkannt. Dies ist nicht Sache des Verstandes oder der Ueberlegung, sondern der Empfindung. So wie sich uns verschieden gefärbte Körper von gleicher Raumgestalt darstellen können, so finden wir hier zwei akustisch verschieden gefärbte Tongebilde von gleicher Zeitgestalt. So wie wir in dem einen Fall die gleichen Raumempfindungsbestandtheile unmittelbar herausfühlen, so bemerken wir hier die gleichen Zeitempfindungsbestandtheile oder die Gleichheit des Rhythmus.

3.

Wenn ich eine Anzahl akustisch vollkommen gleicher Glockenschläge höre, unterscheide ich den ersten, zweiten, dritten u. s. w. Sind es vielleicht die begleitenden Gedanken oder andere zufällige Empfindungen, mit welchen die Glockenschläge sich verknüpfen, die diese Unterscheidungsmerkmale abgeben? Ich glaube nicht, dass jemand ernstlich diese Ansicht wird aufrecht halten wollen. Wie zweifelhaft und unzuverlässig müsste da unser Zeitmass ausfallen. Wohin müsste es gerathen, wenn jener zufällige Gedanken- und Empfindungshintergrund aus dem Gedächtniss verschwinden würde?

Während ich über irgend etwas nachdenke, schlägt die Uhr, die ich nicht beachte. Nachdem sie ausgeschlagen hat, kann es mich interessiren, die Glockenschläge zu zählen.

Und in der That tauchen in meiner Erinnerung deutlich ein, zwei, drei, vier Glockenschläge auf, während ich ganz dieser Erinnerung meine Aufmerksamkeit zuwende, und mir gerade dadurch für den Augenblick gänzlich entschwindet, worüber ich während des Schlagens der Uhr nachgedacht habe. Der vermeintliche Hintergrund, auf dem ich die Glockenschläge fixiren könnte, fehlt mir nun. Wodurch unterscheide ich also den *zweiten* Schlag vom *ersten*? Warum halte ich nicht alle die gleichen Schläge für *einen*? Weil jeder mit einer besonderen Zeitempfindung verknüpft ist, die mit ihm zugleich auftaucht. Ein Erinnerungsbild unterscheide ich von einer Ausgeburt meiner Phantasie ebenfalls durch eine specifische Zeitempfindung, welche nicht jene des gegenwärtigen Augenblickes ist.

4.

Da die Zeitempfindung immer vorhanden ist, solange wir bei Bewusstsein sind, so ist es wahrscheinlich, dass sie mit der nothwendig an das Bewusstsein geknüpften organischen *Consumtion* zusammenhängt, dass wir die *Arbeit der Aufmerksamkeit* als Zeit empfinden. Bei angestrengter Aufmerksamkeit wird uns die Zeit lang, bei leichter Beschäftigung kurz. In stumpfem Zustand, wenn wir unsere Umgebung kaum beachten, fliegen die Stunden rasch dahin. Wenn unsere Aufmerksamkeit *gänzlich* erschöpft ist, schlafen wir. Im *traumlosen* Schlaf fehlt auch die Empfindung der Zeit. Der Tag von gestern ist mit dem von heute, wenn zwischen beiden ein tiefer Schlaf liegt, nur durch ein intellectuelles Band verknüpft.

Die Ermüdung des Bewusstseinsorgans schreitet, solange wir wachen, continuirlich fort, und die Arbeit der Aufmerksamkeit wächst ebenso stetig. Die Empfindungen, welche an

eine grössere Arbeit der Aufmerksamkeit geknüpft sind, erscheinen uns als die späteren.

Normale wie anomale psychische Vorkommnisse scheinen sich dieser Auffassung wohl zu fügen. Da die Aufmerksamkeit sich nicht zugleich auf zwei verschiedene Sinnesorgane erstrecken kann, so können deren Empfindungen nicht mit einer absolut gleichen Aufmerksamkeitsarbeit zusammentreffen. Die eine erscheint also später als die andere. Ein solches Analogon dieser sogenannten persönlichen Differenz der Astronomen ergibt sich aber aus dem analogen Grunde auch in einem und demselben Sinnesgebiet. Es ist bekannt, dass ein optischer Eindruck, der physisch später entsteht, unter Umständen dennoch früher erscheinen kann. Es kommt z. B. vor, dass der Chirurg beim Aderlassen zuerst das Blut austreten, und dann den Schnepper einschlagen sieht[51]. Dvořák[52] hat in einer Versuchsreihe, die er vor Jahren auf meinen Wunsch ausgeführt hat, gezeigt, dass sich dies Verhältniss willkürlich herstellen lässt, indem das mit Aufmerksamkeit fixirte Object (selbst bei einer wirklichen Verspätung von $^1/_8$—$^1/_6$ Secunde) früher erscheint als das indirect gesehene. Es ist wohl möglich, dass sich die bekannte Erfahrung der Chirurgen durch diesen Umstand aufklären lässt. Die Zeit aber, welche die Aufmerksamkeit benöthigt, um von einem Orte, an dem sie beschäftigt wird, nach einem andern zu übersiedeln, zeigt sich in folgendem von mir angestellten Versuch[53]. Zwei schön rothe Qua-

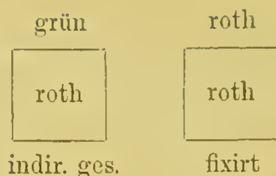
---

51) Vergl. Fechner, Psychophysik Leipzig 1860. Bd. II. S. 433.

52) Dvořák, über Analoga der persönlichen Differenz zwischen beiden Augen und den Netzhautstellen desselben Auges. Sitzungsber. d. königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften. (Math.-naturw. Classe) vom 8. März 1872.

53) Von Dvořák a. a. O. mitgetheilt.

drate von 2 cm Seite und 8 cm Abstand auf schwarzem Grunde werden in völliger Dunkelheit durch einen für das Auge gedeckten electrischen Funken beleuchtet. Das direct gesehene Quadrat erscheint roth, des indirect gesehene grün, und zwar oft sehr intensiv. Die verspätete Aufmerksamkeit findet also das indirect gesehene Quadrat schon in dem Stadium des Purkinje'schen positiven Nachbildes vor. Auch eine Geissler'sche Röhre mit zwei etwas von einander entfernten roth leuchtenden Theilen zeigt beim Hindurchgehen einer einzelnen Entladung dieselbe Erscheinung.



Figur 34.

5.

Wiederholt habe ich ein interessantes hierher gehöriges Phänomen beobachtet. Ich sass in die Arbeit vertieft in meinem Zimmer, während in einem Nebenzimmer Versuche über Explosionen angestellt wurden. Regelmässig geschah es nun, dass ich zuerst erschreckt zusammenzuckte, und nachher erst den Knall hörte.

Da im Traum die Aufmerksamkeit besonders träge ist, so kommen in diesem Fall die sonderbarsten Anachronismen vor, und jeder hat wohl solche Träume erlebt. Wir träumen z. B. von einem Mann, der auf uns losstürzt und schiesst, erwachen plötzlich, und bemerken den Gegenstand, der durch seinen Fall den ganzen Traum erzeugt hat. Es hat nun nichts Widersinniges anzunehmen, dass der akustische Reiz verschiedene Nervenbahnen zugleich einschlägt, und hier in beliebiger verkehrter Ordnung von der Aufmerksamkeit angetroffen wird, so wie ich bei der obigen Beobachtung zuerst die allgemeine Erregung, und dann den

Explosionsknall bemerkte. Freilich wird es in manchen Fällen zur Erklärung auch ausreichen, ein Verweben einer Sinnesempfindung in ein vorher schon vorhandenes Traumbild anzunehmen.

6.

Wenn die .Zeitempfindung an die wachsende organische Consumtion [54]) oder an die ebenfalls stetig wachsende Arbeit der Aufmerksamkeit gebunden ist, so wird es verständlich, warum die physiologische Zeit nicht umkehrbar ist, sondern nur in einem Sinne abläuft. Die Consumtion und Aufmerksamkeitsarbeit kann, solange wir wachen, nur wachsen und nicht abnehmen. Die beiden nebenstehenden Takte, welche für das Auge und den Verstand eine 'Symmetrie darbieten, zeigen nichts Derartiges in Bezug auf die Zeitempfindung. Im Gebiete des Rhythmus und der Zeit überhaupt gibt es keine Symmetrie.



---

54) Würde die Consumtion oder etwa die Anhäufung eines Ermüdungsstoffes unmittelbar empfunden, so müsste man ein Rückwärtsgehen der Zeit im Traum erwarten. — Die Sonderbarkeiten des Traumes lassen sich alle darauf zurückführen, dass manche Empfindungen und Vorstellungen gar nicht, andere zu schwer und zu spät in's Bewusstsein treten. — Der Intellect schläft oft nur theilweise. Man spricht im Traume sehr vernünftig mit längst verstorbenen Personen, erinnert sich aber nicht ihres Todes. Man reflectirt im Traume über den Traum, erkennt ihn als Traum an den Sonderbarkeiten, ist aber gleich wieder über dieselben beruhigt. — Mir träumte sehr lebhaft von einer Mühle. Das Wasser floss in einem geneigten Canal von der Mühle herab und hart darneben in einem eben solchen Canal zur Mühle hinauf. Ich war dadurch gar nicht beunruhigt. — Als ich viel mit Raumfragen beschäftigt war, träumte mir von einem Spaziergang im Walde. Plötzlich bemerkte ich die mangelhafte perspectivische Verschiebung der Bäume, und erkannte daran den Traum Sofort traten aber auch die vermiss-

7.

Es möchte wohl eine naheliegende und natürliche, wenn auch noch unvollkommene Vorstellung sein, sich das Bewusstseinsorgan in geringem Grade aller specifischen Energieen fähig zu denken, von welchen jedes Sinnesorgan nur einige aufzuweisen vermag. Daher das Schattenhafte und Vergängliche der Vorstellung gegenüber der Sinnesempfindung, durch welche letztere die erstere stets genährt und aufgefrischt werden muss. Daher die Fähigkeit des Bewusstseinsorgans als Verbindungsbrücke zwischen allen Empfindungen und Erinnerungen zu dienen. Mit jeder specifischen Energie des Bewusstseinsorgans hätten wir uns noch eine besondere Energie, die Zeitempfindung, verbunden zu denken, so dass keine der ersteren ohne die letztere erregt werden kann. Sollte es scheinen, dass diese letztere physiologisch müssig und nur ad hoc erdacht sei, so könnte man ihr sofort eine wichtige physiologische Function zuweisen. Wie wäre es, wenn diese Energie den die arbeitenden Hirntheile nährenden Blutstrom unterhalten, an seinen Bestimmungsort leiten und reguliren würde? Unsere Vorstellung von der Aufmerksamkeit und der Zeitempfindung würde dadurch eine sehr materielle Basis erhalten. Es würde verständlich, dass es nur eine zusammenhängende Zeit gibt, da die Theilaufmerksamkeit auf einen Sinn immer nur aus der Gesammtaufmerksamkeit fliesst, und durch diese bedingt ist.

---

ten Verschiebungen ein. — Im Traum sah ich in meinem Laboratorium ein mit Wasser gefülltes Becherglas, in dem ruhig ein Kerzenlicht brannte. „Woher bezieht das den Sauerstoff?“ dachte ich. „Der ist im Wasser absorbirt.“ „Wo kommen die Verbrennungsgase hin?“ Nun stiegen Blasen von der Flamme im Wasser auf, und ich war beruhigt.

8.

Wenn wir eine Anzahl gleicher Glockenschläge beobachten, so können wir, solange sie in geringer Anzahl gegeben sind, jeden einzelnen von den andern in der Erinnerung unterscheiden, und können in der Erinnerung nachzählen. Bei einer grössern Zahl von Glockenschlägen aber unterscheiden wir zwar die letzten von einander, doch nicht mehr die ersten. Wollen wir in diesem Fall keinem Irrthum unterliegen, so müssen wir gleich beim Erklingen derselben zählen, d. h. jeden Schlag willkürlich mit einem Ordnungszeichen verknüpfen. Die Erscheinung ist ganz analog derjenigen, welche wir im Gebiet des Raumsinns beobachten, und wird auch nach demselben Princip zu erklären sein. Wenn wir vorwärts schreiten, haben wir zwar die Empfindung, dass wir uns von einem Ausgangspunkt entfernen, allein das physiologische Mass dieser Entfernung geht nicht proportional dem geometrischen. So schrumpft auch die abgelaufene physiologische Zeit perspectivisch zusammen, und ihre einzelnen Elemente werden weniger unterscheidbar[55]).

9.

Wenn eine besondere Zeitempfindung existirt, so ist es selbstverständlich, dass die Identität zweier Rhythmen unmittelbar erkannt wird. Wir dürfen aber nicht unbemerkt lassen, dass derselbe physikalische Rhythmus physiologisch sehr verschieden erscheinen kann, ebenso wie der-

55) Vergl. S. 61.

selben physikalischen Raumgestalt je nach deren Lage verschiedene physiologische Raumformen entsprechen können. Der durch nebenstehende Noten veranschaulichte Rhythmus



erscheint z. B. ganz verschieden, je nachdem man die kurzen dicken, oder die langen dünnen, oder die punktirten Verticalstriche als Taktstriche ansieht. Es hängt dies augenscheinlich damit zusammen, dass die Aufmerksamkeit (durch die Betonung geleitet) bei 1, 2 oder 3 *einsetzt*, d. h. dass die den aufeinanderfolgenden Schlägen entsprechenden Zeitempfindungen mit verschiedenen Anfangsempfindungen *verglichen* werden.

Der im Folgenden dargestellte Rhythmus erscheint dem vorigen physiologisch *ähnlich*, aber nur dann, wenn in



beiden die gleichbezeichneten Taktstriche anerkannt werden, wenn also die Aufmerksamkeit in homologen Zeitpunkten einsetzt. Zwei *physikalische* Zeitgebilde können als *ähnlich* bezeichnet werden, wenn alle Theile des *einen* in *demselben* Verhältniss zu einander stehen, wie die homologen Theile des *andern*. Die *physiologische* Aehnlichkeit tritt aber erst hervor, wenn auch die obige Bedingung erfüllt ist. So viel ich übrigens zu beurtheilen vermag, erkennt man die Zeit*verhältnisse* zweier Rhythmen nur dann als *gleich*, wenn dieselben durch sehr kleine ganze Zahlen darstellbar sind. Eigentlich bemerkt man also unmittelbar nur die *Gleichheit* oder *Ungleichheit* zweier

Zeiten, und erkennt das Verhältniss im letzteren Fall nur dadurch, dass ein Theil in dem andern einfach aufgeht. Hierdurch erklärt es sich, warum man beim Taktgeben die Zeit in lauter durchaus gleiche Theile theilt[56]).

---

56) Die Aehnlichkeit der Raumgestalten würde hiernach viel unmittelbarer empfunden als die Aehnlichkeit der Rhythmen. — Der Zusammenhang zwischen rhythmischen Bewegungen und dem Zeitmass, der wahrscheinlich eine wichtige teleologische Bedeutung hat, mag hier unerörtert bleiben.





Die Tonempfindungen [57]).

1.

Auch in Bezug auf die Tonempfindungen müssen wir uns vorzugsweise auf die psychologische Analyse beschränken. Es kann hier ebenfalls nur der Anfang einer Untersuchung geboten werden.

Zu den für uns wichtigsten Tonempfindungen gehören diejenigen, welche durch das menschliche Stimmorgan als Aeusserungen von Lust und Schmerz, zur sprachlichen Mittheilung von Gedanken, als Ausdruck des Willens u. s. w. erregt werden. Das Stimmorgan und das Gehörorgan befinden sich auch zweifellos in enger Beziehung. In einfachster und deutlichster Weise enthüllen die Tonempfin-

---

57) Den hier dargelegten Standpunkt habe ich (von der Detailausführung abgesehen) schon vor 20 Jahren eingenommen. Stumpf (Tonpsychologie. Leipzig 1883. Bd. I.), dem ich für die vielfache Berücksichtigung meiner Arbeiten hier danken muss, bringt manche mir sehr sympathische Einzelheiten. Seine S. 119 ausgesprochene Ansicht aber ist mit meinem Forschungsprincip des Parallelismus unvereinbar. — Vergl. meine Note: „Zur Analyse der Tonempfindungen", Sitzungsber. d. Wiener Akademie Bd. 92, II. Abth., S. 1283 (1885).

dungen ihre merkwürdigen Eigenschaften in der Musik. Wille, Gefühl Lautäusserung und Lautempfindung stehen gewiss in einem starken physiologischen Zusammenhang. Es wird auch ein guter Theil Wahrheit darin stecken, wenn Schopenhauer[58]) sagt, dass die Musik den Willen darstelle, wenn die Musik als eine Sprache des Gefühls bezeichnet wird u. s. w., doch kaum die ganze Wahrheit.

2.

H. Berg[59]) hat, um es kurz zu sagen, nach dem Vorgange Darwin's versucht, die Musik aus dem Brunstgeheul der Affen herzuleiten. Man müsste verblendet sein, wenn man das Verdienstliche und Aufklärende der Ausführungen Darwin's und Berg's verkennen wollte. Auch heute noch kann die Musik sexuelle Saiten berühren, auch heute noch wird sie zur Liebeswerbung thatsächlich benützt. Auf die Frage aber, worin das Angenehme der Musik liegt, gibt Berg keine befriedigende Antwort. Und da er musikalisch auf dem Helmholtz'schen Standpunkt der Vermeidung der Schwebungen steht, und annimmt, dass die am wenigsten unangenehm heulenden Männchen den Vorzug erhielten, so darf man sich vielleicht wundern, warum die klügsten dieser Thiere nicht lieber ganz schwiegen.

Wenn die Beziehung irgend einer biologischen Erscheinung zur Arterhaltung aufgedeckt, und dieselbe phylogenetisch hergeleitet wird, so ist damit viel gethan. Keineswegs darf man aber glauben, dass auch schon alle diese Erscheinung betreffenden Probleme gelöst seien. Niemand wird wohl das Angenehme der specifischen Wollustempfindung

---

58) Schopenhauer, die Welt als Wille und Vorstellung.
59) H. Berg, die Lust an der Musik. Berlin 1879.

dadurch erklären wollen, dass er deren Zusammenhang mit der Arterhaltung nachweist. Viel eher wird man zugeben, dass die Art erhalten wird, weil die Wollustempfindung angenehm ist. Mag die Musik immerhin unsern Organismus an die Liebeswerbungen der Urahnen erinnern, wenn sie zur Werbung benützt wurde, musste sie schon positiv Angenehmes enthalten, welches gegenwärtig allerdings durch jene Erinnerung verstärkt werden kann. Wenn der Geruch einer verlöschenden Oellampe mich fast jedesmal in angenehmer Weise an die Laterna magica erinnert, die ich als Kind bewunderte, so ist dies ein ähnlicher Fall aus dem individuellen Leben. Doch riecht darum die Lampe an sich nicht weniger abscheulich. Und wer durch Rosenduft an ein angenehmes Erlebniss erinnert wird, glaubt darum nicht, dass der Rosenduft nicht schon vorher angenehm gewesen sei. Derselbe hat durch die Association nur gewonnen[60]. Kann nun die erwähnte Auffassung schon das Angenehme der Musik überhaupt nicht genügend erklären, so vermag sie zur Beantwortung von Specialfragen, wie z. B., warum in einem gegebenen Fall eine Quarte einer Quinte vorgezogen wird, wohl noch weniger beizutragen.

3.

Man würde überhaupt die Tonempfindungen etwas einseitig beurtheilen, wenn man nur das Gebiet der Sprache und Musik berücksichtigen wollte. Die Tonempfindungen vermitteln nicht allein die Mittheilung, die Äusserung von Lust und Schmerz, die Unterscheidung der Stimmen von Männern, Frauen, Kindern. Sie bieten nicht allein Merkzeichen der

---

60) Auf die Bedeutung der Association für die Aesthetik hat namentlich Fechner hingewiesen.

Anstrengung, der Leidenschaft des Sprechenden oder Rufenden. Wir unterscheiden durch dieselben auch grosse und kleine schallende Körper, die Tritte grosser und kleiner Thiere. Gerade die höchsten Töne, welche das Stimmorgan des Menschen nicht selbst erzeugt, sind für die Beurtheilung der Richtung, aus welcher der Schall kommt, muthmasslich sehr wichtig[61]. Ja diese letzteren Functionen der Tonempfindungen sind wahrscheinlich in der Thierwelt älter als diejenigen, welche erst im geselligen Leben der Thiere eine Rolle spielen.

4.

Den wesentlichen Fortschritt in Bezug auf die Analyse der Gehörsempfindungen, welcher durch die Helmholtzschen[62] Arbeiten herbeigeführt worden ist, wird jedermann freudig anerkennen. Wir erkennen mit Helmholtz das Geräusch als eine Combination von Tönen, deren Zahl, Höhe und Intensität mit der Zeit variirt. In dem Klange hören wir mit dem Grundton n, im Allgemeinen noch die Obertöne oder Partialtöne $2n$, $3n$, $4n$ u. s. w., deren jeder einfachen pendelförmigen Schwingungen entspricht. Werden zwei Klänge, deren Grundtönen die Schwingungszahlen n und m entsprechen, melodisch oder harmonisch verbunden, so kann bei bestimmten Verhältnissen[63] von n und m theil-

---

61) Mach, Bemerkungen über die Function der Ohrmuschel (Tröltsch's Archiv für Ohrenheilkunde N. F. Bd. III. S. 72). — Vgl. auch: Mach u. Fischer, die Reflexion und Brechung des Schalles. Pogg. Ann. Bd. 149 S. 421.

62) Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen. 1. Aufl. Braunschweig 1863.

63) Der p^{te} Partialton von n fällt mit dem q^{te} von m zusammen, wenn $pn = qm$, also $m = \frac{p}{q}n$ ist. Hierbei sind p, q ganze Zahlen.

weise Coïcidenz der Partialtöne eintreten, wodurch im ersteren Falle die *Verwandtschaft* der Klänge bemerklich, im zweiten Falle eine *Verminderung* der Schwebungen herbeigeführt wird. Alles dies wird nicht zu bestreiten sein, wenn es auch nicht als *erschöpfend* anerkannt wird.

Ebenso zustimmend kann man sich gegenüber *Helmholtz's* physiologischer Theorie des *Gehörorgans* verhalten. Durch die Beobachtungen, welche sich beim Zusammenklang einfacher Töne ergeben, wird es äusserst wahrscheinlich, dass der Reihe der Schwingungszahlen eine Reihe von Nervenendorganen entspricht, so dass für die verschiedenen Schwingungszahlen verschiedene Endorgane vorhanden sind, von welchen jedes nur auf einige wenige einander naheliegende Schwingungszahlen anspricht. Es ist eine Frage von geringerer Bedeutung, ob gerade dem *Corti'schen* Organ diese Function zufällt?

5.

Nach einem besondern Gehörorgan für *Geräusche* zu suchen, scheint für jeden, der mit *Helmholtz* annimmt, dass alle Geräusche sich in länger oder kürzer anhaltende Tonempfindungen auflösen lassen, vorläufig überflüssig. Mit der Frage nach der Beziehung des Geräusches (insbesondere des Knalles) zum Ton habe ich mich vor langer Zeit (Winter 187$\frac{2}{3}$) beschäftigt und gefunden, dass sich alle Übergänge zwischen beiden aufweisen lassen. Ein Ton von 128 ganzen Schwingungen, den man durch den kleinen Ausschnitt einer grossen langsam rotirenden Scheibe hört, schrumpft zu einem kurzen trockenen Schlag (oder schwachen Knall) von sehr *undeutlicher* Tonhöhe zusammen, wenn seine Dauer auf 2—3 Schwingungen reducirt wird, während bei 4—5 Schwingungen die Höhe noch ganz deutlich ist. Anderseits be-

merkt man an einem Knall, selbst wenn derselbe von einer aperiodischen Luftbewegung herrührt (Funkenwelle, explodirende Knallgasblase), bei genügender Aufmerksamkeit eine Tonhöhe, wenngleich keine sehr bestimmte. Man überzeugt sich auch leicht, dass an einem von der Dämpfung befreiten Clavier durch grosse explodirende Knallgasblasen vorzugsweise die tiefen, durch kleine die hohen Saiten zum Mitschwingen erregt werden. Hierdurch scheint es mir nachgewiesen, dass dasselbe Organ die Ton- und die Geräuschempfindung vermitteln kann. Man wird sich vorzustellen haben, dass eine schwächere, kurz dauernde aperiodische Luftbewegung alle, aber vorzugsweise die kleinen leichter beweglichen, eine stärkere länger anhaltende auch die grösseren massigeren Endorgane erregt, welche dann bei ihrer geringeren Dämpfung länger ausschwingend sich bemerklich machen, und dass selbst bei verhältnissmässig schwachen periodischen Luftbewegungen durch Häufung der Effecte an einem bestimmten Gliede der Reihe der Endorgane die Reizung hervortritt [64]). Qualitativ ist die Empfindung, welche ein tiefer oder hoher Knall erregt, dieselbe, nur intensiver und von kürzerer Dauer als diejenige, welche das Niederdrücken einer grossen Anzahl benachbarter Claviertasten in tiefer oder hoher Lage erregt. Auch fallen bei der einmaligen Reizung durch Knall die an die periodische intermittirende Reizung gebundenen Schwebungen weg.

---

64) Über einen Theil meiner Versuche, die an Dvořák's Experimente über Nachbilder von Reizänderungen (1870) anknüpften, habe ich berichtet in: „Lotos", Augustnummer 1873. Die Versuche betreffend die Erregung der Claviertöne durch Explosionen habe ich überhaupt noch nirgends erwähnt. Es wird vielleicht nicht unnütz sein, wenn es hier geschieht. — Dieselben Fragen haben später Pfaundler, S. Exner, Auerbach, Brücke u. A. ausführlich behandelt.

6.

Bei aller Anerkennung, die der Helmholtz'schen Theorie entgegengebracht wurde, hat es doch auch nicht an Stimmen gefehlt, welche die Unvollständigkeit derselben hervorgehoben haben. Ziemlich allgemein hat man das positive Moment bei Erklärung der Harmonie vermisst, indem man sich mit dem blossen Mangel an Schwebungen als zureichendem Merkmal der Harmonie nicht zufrieden geben wollte. Auch A. v. Oettingen[65]) vermisst die Angabe des für jedes Intervall characteristischen positiven Elementes (S. 30), und will den Werth eines Intervalles nicht von der physikalischen Zufälligkeit des Gehaltes der Klänge an Obertönen abhängig machen. Er glaubt das positive Element in der Erinnerung (S. 40, 47) an den gemeinsamen Grundton (die Tonica) zu finden, als dessen Partialtöne die Klänge des Intervalles oft aufgetreten sind, oder in der Erinnerung an den gemeinsamen Oberton (die Phonica), welcher beiden zukommt. In Bezug auf den negativen Theil der Kritik muss ich v. Oettingen vollkommen beistimmen. Die „Erinnerung" deckt aber das Bedürfniss der Theorie nicht, denn Consonanz und Dissonanz sind nicht Sache der Vorstellung, sondern der Empfindung. Physiologisch halte ich also v. Oettingen's Auffassung für nicht zutreffend. In v. Oettingen's Aufstellung des Principes der Dualität aber (der tonischen und phonischen Verwandtschaft der Klänge), sowie in seiner Auffassung der Dissonanz als eines mehrdeutigen Klanges (S. 224) scheinen mir werthvolle positive Leistungen zu liegen[66]).

65) A. v. Oettingen, Harmoniesystem in dualer Entwicklung. Dorpat 1866.

66) Eine populäre Darstellung des Principes der Dualität, welches

7.

Ich selbst habe schon in einer 1863 [67]) erschienenen Abhandlung und auch später [68]) einige kritische Bemerkungen über die Helmholtz'sche Theorie gemacht, und 1866 in einer kurz vor der Oettingen'schen erschienenen kleinen Schrift [69]) sehr bestimmt einige Forderungen bezeichnet, welchen eine vollständigere Theorie zu genügen hätte. Da meine Ausführungen, soviel ich weiss, bisher keine ernste Beachtung gefunden haben, so komme ich hier in etwas eindringlicherer Darstellung auf dieselben zurück.

8.

Gehen wir von der Vorstellung aus, dass eine Reihe von abgestimmten Endorganen existirt, deren Glieder bei steigender Schwingungszahl nacheinander im Maximum ansprechen, und schreiben wir jedem Endorgan seine besondere (specifische) Energie zu. Dann

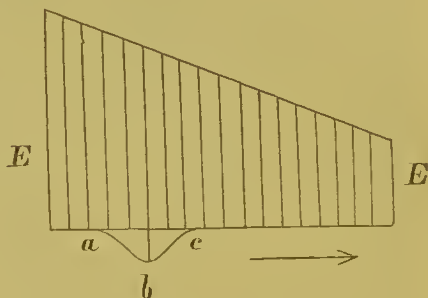


Fig. 35.

---

schon Euler (Tentamen novae theoriae musicae p. 103), D'Alembert (Elémens de musique. Lyon 1766) und Hauptmann (Die Natur der Harmonik und Metrik Leipzig 1853) geahnt haben, findet sich in meiner kleinen Schrift: Die Gestalten der Flüssigkeit. Die Symmetrie. Prag 1872. — An eine vollwerthige Symmetrie wie im Gebiete des Gesichtssinnes darf natürlich im Gebiete der Musik, da die Tonempfindungen selbst kein symmetrisches System bilden, nicht gedacht werden.

67) Mach, zur Theorie des Gehörorgans. Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1863.

68) Vergl. meine: Bemerkungen zur Lehre vom räumlichen Sehen. Fichte's Zeitschrift für Philosophie. 1865.

69) Einleitung in die Helmholtz'sche Musiktheorie. Graz 1866. S. d. Vorwort und SS. 23 u. ff, 46, 88.

gibt es so viele specifische Energieen als Endorgane und ebenso viele für uns durch das Gehör unterscheidbare Schwingungszahlen.

Wir unterscheiden nicht bloss die Töne, wir ordnen sie auch in eine Reihe. Wir erkennen von drei Tönen verschiedener Höhe den mittleren ohne weiteres als solchen. Wir empfinden unmittelbar, welche Schwingungszahlen einander näher, welche ferner liegen. Das liesse sich für nahe liegende Töne noch leidlich erklären. Denn wenn wir uns die Schwingungsweiten, die einem bestimmten Ton zukommen, symbolisch durch die Ordinaten der Curve *abc* Fig. 35 darstellen, und diese Curve uns allmählich im Sinne des Pfeiles verschoben denken, so werden naheliegenden Tönen, weil stets mehrere Organe zugleich ansprechen, auch immer schwache gemeinsame Reizungen zukommen. Allein auch ferner liegende Töne haben eine gewisse Aehnlichkeit, und auch an dem höchsten und tiefsten Ton erkennen wir noch eine solche. Nach dem uns leitenden Forschungsgrundsatze müssen wir also in allen Tonempfindungen gemeinsame Bestandtheile annehmen. Es kann also nicht so viele specifische Energieen geben, als es unterscheidbare Töne gibt. Für das Verständniss der Thatsachen, die wir hier zunächst im Auge haben, genügt die Annahme von nur zwei Energieen, die durch verschiedene Schwingungszahlen in verschiedenem Verhältniss ausgelöst werden. Eine weitere Zusammensetzung der Tonempfindungen ist aber durch diese Thatsachen nicht ausgeschlossen, und wird durch die später zu besprechenden Erscheinungen sehr wahrscheinlich.

Die aufmerksame psychologische Analyse der Tonreihe führt unmittelbar zu dieser Ansicht. Aber auch wenn man für jeden Croti'schen Bogen zunächst eine besondere

Energie annimmt, und bedenkt, dass diese Energieen einander ähnlich sind, also gemeinsame Bestandtheile enthalten müssen, gelangt man auf denselben Standpunkt. Nehmen wir also, nur um ein bestimmtes Bild vor uns zu haben, an, dass bei dem Übergang von den kleinsten zu den grössten Schwingungszahlen die Tonempfindung ähnlich variirt wie die Farbenempfindung, wenn man vom reinen Roth, etwa durch allmälige Zumischung von Gelb, zum reinen Gelb übergeht. Hierbei können wir die Vorstellung, dass für jede unterscheidbare Schwingungszahl ein besonderes Endorgan vorhanden ist, vollkommen aufrecht erhalten, nur werden durch verschiedene Organe nicht ganz verschiedene Energieen, sondern immer dieselben zwei in verschiedenem Verhältniss ausgelöst[70].

9.

Wie kommt es nun, dass so viele gleichzeitig erklingende Töne unterschieden werden, und nicht zu einer Empfindung verschmelzen, dass zwei ungleich hohe Töne nicht zu einem Mischton von mittlerer Höhe zusammenfliessen? Dadurch, dass dies thatsächlich nicht geschieht, ist die Ansicht, die wir uns zu bilden haben, weiter bestimmt, Wahrscheinlich verhält es sich ganz ähnlich, wie bei einer Reihe von Mischfarben von Roth und Gelb, welche an verschiedenen Stellen des Raumes auftreten, die ebenfalls unterschieden werden, und nicht zu einem Eindruck

70) Die Ansicht, dass auf verschiedene Schwingungszahlen verschiedene Endorgane ansprechen, ist durch die Schwebungen naheliegender Töne und andere von Helmholtz hervorgehobene Thatsachen zu wohl begründet und für das Verständniss der Erscheinungen zu werthvoll. als dass sie wieder aufgegeben werden könnte. — Die hier dargelegte Ansicht benützt die (namentlich von Hering) bei Analyse der Farbenempfindungen gewonnenen Erfahrungen.

zusammenfliessen. In der That stellt sich eine ähnliche Empfindung ein, wenn man von der Beachtung eines Tones übergeht zur Beachtung eines andern, wie beim Wandern des fixirten Punktes im Sehfeld. Die Tonreihe befindet sich in einem Analogon des Raumes, in einem beiderseits begrenzten Raum von einer Dimension, der auch keine Symmetrie darbietet, wie etwa eine Gerade, die von rechts nach links senkrecht zur Medianebene verläuft. Vielmehr ist derselbe analog einer verticalen Geraden, odes einer Geraden, welche in der Medianebene von vorn nach hinten verläuft. Während ausserdem die Farben nicht an die Raumpunkte gebunden sind, sondern sich im Raum bewegen können, weshalb wir die Raumempfindungen so leicht von den Farbenempfindungen trennen, verhält es sich in Bezug auf die Tonempfindung anders. Eine bestimmte Tonempfindung kann nur an einer bestimmten Stelle des besagten eindimensionalen Raumes vorkommen, die jedesmal fixirt werden muss, wenn die betreffende Tonempfindung klar hervortreten soll. Man kann sich nun vorstellen, dass verschiedene Tonempfindungen in verschiedenen Theilen der Tonsinnsubstanz auftreten, oder dass neben den beiden Energieen, deren Verhältniss die Färbung der hohen und tiefen Töne bedingt, noch eine dritte, einer Innervationsempfindung ähnliche besteht, welche beim Fixiren der Töne auftritt. Auch beides zugleich könnte stattfinden. Zur Zeit dürfte es weder möglich noch schon nothwendig sein, hierüber zu entscheiden.

Dass das Gebiet der Tonempfindungen eine Analogie zum Raum darbietet, und zwar zu einem Raum, der keine Symmetrie aufweist, drückt sich schon unbewusst in der Sprache aus. Man spricht von hohen und tiefen Tönen, nicht von rechten und linken, wiewohl unsere Musikinstrumente letztere Bezeichnung sehr nahe legen.

In einer meiner ersten Arbeiten[71]) habe ich die Ansicht vertreten, dass das Fixiren der Töne mit der veränderlichen Spannung des tensor tympani zusammenhänge. Diese Ansicht kann ich meinen eigenen Beobachtungen und Experimenten gegenüber nicht aufrecht halten. Die Raumanalogie fällt hiermit jedoch nicht, sondern es ist nur das betreffende physiologische Element erst aufzufinden[72]).
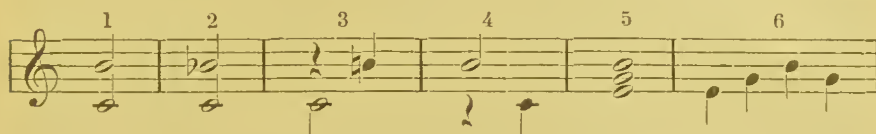
---

71) Zur Theorie des Gehörorgans. 1863.

72) Die Annahme, dass die Vorgänge im Kehlkopf beim Singen zur Bildung der Tonreihe beitragen, habe ich in der Arbeit von 1863 ebenfalls berührt, aber nicht haltbar gefunden. Das Singen ist zu äusserlich und zufällig mit dem Hören verbunden. Ich kann Töne weit über die Grenzen meiner Stimme hinaus hören und mir vorstellen. Wenn ich eine Orchesteraufführung mit allen Stimmen höre, oder wenn mir dieselbe als Hallucination entgegentritt, so kann ich mir unmöglich denken, dass mir das Verständniss des ganzen Stimmengewebes durch meinen einen Kehlkopf, der noch dazu gar kein geübter Sänger ist, vermittelt wird. Ich halte die Empfindungen, die man beim Hören von Musik gelegentlich zweifellos im Kehlkopf bemerkt, für nebensächlich, so wie ich mir in meiner musikalisch geübteren Zeit rasch zu jedem gehörten Clavier- oder Orgelstück nebenbei die gegriffenen Tasten vorstellte. Wenn ich mir Musik vorstelle, höre ich immer deutlich die Töne. Aus den die Musikausführungen begleitenden motorischen Empfindungen allein wird keine Musik, so wenig der Taube, der die Bewegungen der Spieler im Orchester sieht, Musik hört. Ich kann also in diesem Punkte Stricker's Ansicht nicht zustimmen. (Vergl. Stricker, du langage et de la musique Paris 1885.)

Anders muss ich mich zu Stricker's Ansicht über die Sprache stellen (Vergl. Stricker, die Sprachvorstellungen. Wien 1880). Zwar tönt mir eine Rede, an die ich denke, voll ins Ohr, ich zweifle auch nicht, dass durch das Erklingen der Hausglocke, durch einen Locomotivenpfiff u. s. w. direct Gedanken erregt werden können, dass kleine Kinder und selbst Hunde Worte verstehen, die sie nicht nachsprechen können; doch bin ich durch Stricker überzeugt worden, dass zwar nicht der einzig mögliche, aber der gewöhnliche uns geläufige Weg des Sprachverständnisses der motorische ist, und dass wir sehr übel daran sind, wenn uns dieser abhanden kommt. Ich kann selbst aus meiner Erfahrung Bestätigungen dieser Ansicht anführen. Fremde, die meiner Rede folgen wollen, sehe ich häufig leise die Lippen bewegen. Gibt mir jemand seine Wohnung an, und versäume ich, den Strassennamen und die

10.

Die Analogie zwischen dem Fixiren von Raumpunkten und dem Fixiren von Tönen habe ich wiederholt durch Experimente erläutert, die ich hier nochmals anführen will. Dieselbe Combination von zwei Tönen klingt verschieden, je nachdem man den einen oder den andern beachtet. Die Combinationen 1 und 2 haben einen merklich verschiedenen
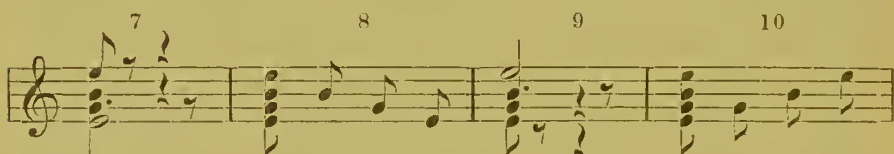


Charakter, je nachdem man den obern oder untern Ton fixirt. Wer die Aufmerksamkeit nicht willkürlich zu leiten vermag, helfe sich dadurch, dass er den einen Ton später
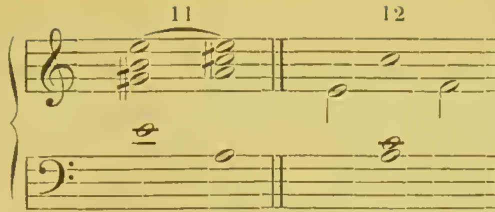
---

Hausnummer nachzusprechen, so vergesse ich die Adresse gewiss, behalte sie aber bei Gebrauch dieser Vorsicht im Gedächtniss. Ein Freund sagte mir kürzlich, er wolle das indische Drama „Urvasi" nicht lesen, weil er die Namen nur mit Mühe zusammenbuchstabire, und folglich nicht behalte. Der Traum des Taubstummen, von dem Stricker erzählt, ist überhaupt nur nach seiner Ansicht verständlich. — Bei ruhiger Überlegung ist dieses anscheinend paradoxe Verhältniss auch gar nicht so wunderbar. Wie sehr sich unsere Gedanken in gewohnten einmal eingeübten Bahnen bewegen, zeigt die überraschende Wirkung eines Witzes. Gute Witze wären nicht so selten, wenn wir uns nicht vorzugsweise in ausgefahrenen Bahnen bewegen würden. Manchem fällt die naheliegende Nebenbedeutung eines Wortes gar nie ein. Und wer denkt, wenn er die Namen Schmied, Schuster, Schneider als Namen gebraucht, an die betreffenden Handwerke? — Um ein naheliegendes Beispiel aus einem andern Gebiete anzuführen, bringe ich in Erinnerung (Vergl. S. 49), dass ich Spiegelschrift neben dem Original sofort als mit diesem symmetrisch-congruent erkenne, ohne sie doch direct lesen zu können, da ich die Schrift motorisch mit der rechten Hand erlernt habe. Daran kann ich auch am besten erläutern, warum ich Stricker nicht auch in Bezug auf Musik beistimme: Die Musik verhält sich zur Sprache, wie das Ornament zur Schrift.

eintreten lässt. Dieser zieht dann die Aufmerksamkeit auf sich. Bei einiger Uebung gelingt es, eine Harmonie (wie 5) in ihre Bestandtheile aufzulösen, und diese (etwa wie bei 6) einzeln herauszuhören. Diese und die folgenden Experimente werden der anhaltenden Töne wegen besser und überzeugender mit der Physharmonica als mit dem Clavier ausgeführt.

Besonders überraschend ist die Erscheinung, die eintritt, wenn man einen fixirten Ton in einer Harmonie *erlöschen* lässt. Die Aufmerksamkeit gleitet dann auf den nächstliegenden über, welcher mit einer Deutlichkeit auftaucht, als wenn er eben angeschlagen worden wäre. Der Eindruck des Experimentes ist ganz ähnlich demjenigen, den man erhält, wenn man, in die Arbeit vertieft, plötzlich den gleichmässigen Schlag der Pendeluhr auftauchen hört, der gänzlich aus dem Bewusstsein geschwunden war. Im letzteren Falle tritt das *ganze* Tongebiet über die Schwelle, während im ersteren ein Theil höher *gehoben* wird. Fixirt man z. B. in 7 die Oberstimme, während man von oben nach unten



fortschreitend einen Ton nach dem andern erlöschen lässt, so erhält man beiläufig den Eindruck 8. Fixirt man in 9 den tiefsten Ton, und verfährt umgekehrt, so erhält man den Eindruck 10. Dieselbe Harmoniefolge klingt sehr verschieden, je nach der fixirten Stimme. Fixire ich in 11 oder 12 die Oberstimme, so scheint sich nur die Klangfarbe zu ändern. Beachtet man aber in 11 den Bass, so scheint die ganze Klangmasse in die Tiefe zu fallen, dagegen zu steigen, wenn man in 12 den Schritt *c-f* beachtet. Es wird hierbei recht deutlich, dass *Accorde* sich als Vertreter von



Klängen verhalten. Lebhaft erinnern diese Beobachtungen an den wechselnden Eindruck, den man erhält, wenn man in einem Ornament bald diesen, bald jenen Punkt fixirt.

Es sei hier noch an das unwillkürliche Wandern der Aufmerksamkeit erinnert, welches beim (mehrere Minuten) anhaltenden gleichmässigen Erklingen eines Harmoniumtones eintritt, wobei nach und nach alle Obertöne von selbst in voller Klarheit auftauchen [73]. Der Vorgang scheint auf eine Ermüdung für einen länger beobachteten Ton zu deuten. Diese Ermüdung wird auch wahrscheinlich durch ein Experiment, welches ich an einem andern Orte ausführlicher beschrieben habe [74].

Die hier dargelegten Verhältnisse im Gebiete der Tonempfindungen könnten etwa durch folgendes Bild veranschaulicht werden. Gesetzt unsere beiden Augen wären nur einer einzigen Bewegung fähig, sie vermöchten nur die Punkte einer horizontalen, in der Medianebene liegenden Geraden durch wechselnde symmetrische Convergenzstellung zu verfolgen, der nächste fixirte Punkt sei rein roth, der fernste, welcher der Parallelstellung entspricht, rein gelb, und dazwischen lägen alle Uebergänge;

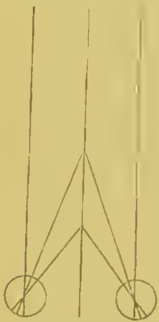


Fig. 36.

73) Vergl. meine „Einleitung in die Helmholtz'sche Musiktheorie“ S. 29.

74) Vergl. meine „Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen“ S. 58.

so würde dieses System unserer Gesichtsempfindungen die Verhältnisse der Tonempfindungen sehr fühlbar nachahmen.

11.

Nach der bisher gewonnenen Ansicht bleibt eine in dem Folgenden zu betrachtende wichtige Thatsache unverständlich, deren Erklärung aber von einer vollständigeren Theorie unbedingt gefordert werden muss. Wenn wir zwei Tonfolgen von zwei verschiedenen Tönen ausgehen, und nach denselben Schwingungszahlenverhältnissen fortschreiten lassen, so erkennen wir in beiden dieselbe Melodie ebenso unmittelbar durch die Empfindung, als wir an zwei geometrisch ähnlichen, ähnlich liegenden Gebilden die gleiche Gestalt erkennen. Gleiche Melodien in verschiedener Lage können als Tongebilde von gleicher Tongestalt oder als ähnliche Tongebilde bezeichnet werden.

Schon bei einer Folge von nur zwei Tönen wird die Gleichheit des Schwingungszahlenverhältnisses unmittelbar erkannt, die Tonfolgen c—f, d—g, e—a u. s. w., welche alle dasselbe Schwingungszahlenverhältniss (3 : 4) darbieten, werden alle unmittelbar als gleiche Intervalle, als Quarten erkannt. Dies ist die Thatsache in ihrer einfachsten Form. Des Merken und Wiedererkennen der Intervalle ist das Erste, was sich der angehende Musiker aneignen muss, wenn er mit seinem Gebiet vertraut werden will.

Herr E. Kulke hat in einer kleinen sehr lesenswerthen Schrift[75]) eine hierauf bezügliche Mittheilung über die ori-

---

75) E. Kulke, über die Umbildung der Melodie. Ein Beitrag zur Entwicklungslehre. Prag. Calve. 1884.

ginelle Unterrichtsmethode von P. Cornelius gemacht, die ich hier nach Kulke's mündlicher Mittheilung noch ergänzen will. Um die Intervalle leicht zu erkennen, ist es nach Cornelius zweckmässig, sich einzelne Tonstücke, Volkslieder u. s. w. zu merken, welche mit diesen Intervallen beginnen. Die Tannhäuser-Ouvertüre beginnt z. B. mit einer Quart. Höre ich eine Quarte, so bemerke ich sofort, dass die Tonfolge der Beginn der Tannhäuserouvertüre sein könnte, und erkenne daran das Intervall. Ebenso kann die Fidelio-Ouvertüre No. 1 als Repräsentant der Terz verwendet werden u. s. w. Dieses vortreffliche Mittel, welches ich bei akustischen Demonstrationen erprobt, und sehr wirksam gefunden habe, ist anscheinend eine Complication. Man könnte meinen, es müsste leichter sein, ein Intervall als eine Melodie zu merken. Doch bietet eine Melodie der Erinnerung mehr Hilfen, so wie man ein individuelles Gesicht leichter merkt, und mit einem Namen verknüpft, als einen bestimmten Winkel oder eine Nase. Jeder Mensch merkt sich Gesichter und verknüpft sie mit Namen; Leonardo da Vinci hat aber die Nasen in ein System gebracht.

So wie jedes Intervall in der Tonfolge in characteristischer Weise sich bemerklich macht, ebenso verhält es sich in der harmonischen Verbindung. Jede Terz, jede Quart, jeder Molldreiklang oder Durdreiklang hat seine eigenthümliche Färbung, an welcher er unabhängig von der Höhe des Grundtons und unabhängig von der Zahl der Schwebungen, welche ja mit dieser Höhe rasch zunimmt, erkannt wird.

Eine Stimmgabel, die man vor ein Ohr hält, hört man fast nur mit diesem Ohr. Bringt man zwei etwas gegeneinander verstimmte, stossende Stimmgabeln vor dasselbe Ohr, so sind die Stösse sehr deutlich. Stellt man aber die

eine Gabel vor das eine, die andere vor das andere Ohr, so werden die Stösse sehr schwach. Zwei in einem harmonischen Intervall stehende Gabeln klingen stets etwas rauher vor einem Ohr. Der Character der Harmonie bleibt aber auch bewahrt, wenn man vor je ein Ohr eine Gabel stellt[76]). Auch die Disharmonie bleibt bei diesem Experiment sehr deutlich. Harmonie und Disharmonie sind jedenfalls nicht durch die Schwebungen allein bestimmt.

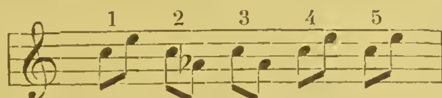
Sowohl bei der melodischen als bei der harmonischen Verbindung zeichnen sich die Töne, welche in einfachen Schwingungszahlenverhältnissen stehen, 1. durch Gefälligkeit und 2. durch eine für jenes Verhältniss charakteristische Empfindung aus. Was die Gefälligkeit betrifft, so kann nicht in Abrede gestellt werden, dass dieselbe theilweise durch das Zusammenfallen der Partialtöne und bei harmonischer Verbindung auch durch das hiermit verbundene Zurücktreten der Schwebungen bei bestimmten Schwingungszahlenverhältnissen aufgeklärt ist. Der unbefangene Musikerfahrene ist aber nicht ganz befriedigt. Ihn stört die zu bedeutende Rolle, welche der zufälligen Klangfarbe eingeräumt wird, und er merkt, dass die Töne noch in einer positiven Contrastbeziehung stehen, wie die Farben, nur dass bei Farben keine so genauen gefälligen Verhältnisse angegeben werden können.

Die Bemerkung, dass wirklich eine Art Contrast unter den Tönen besteht, drängt sich beinahe von selbst auf. Ein constanter glatter Ton ist etwas sehr Unerfreuliches und Farbloses, wie eine gleichmässige Farbe, in wel-

---

76) Vergl. Fechner, über einige Verhältnisse des binocularen Sehens. Leipzig 1860. S. 536.

che sich unsere ganze Umgebung hüllt. Erst ein zweiter Ton, eine zweite Farbe wirkt belebend. Lässt man einen Ton, wie bei dem Experimentiren mit der Sirene, langsam in die Höhe schleifen, so geht ebenfalls aller Contrast verloren. Derselbe besteht hingegen zwischen weiter abstehenden



Tönen, und nicht nur zwischen den sich unmittelbar folgenden, wie das nebenstehende Beispiel erläutern mag. Der Gang 2 klingt ganz anders nach 1 als allein, 3 klingt anders als 2, und auch 5 anders als 4 unmittelbar nach 3.

12.

Wenden wir uns nun zu dem zweiten Punkt, der characteristischen Empfindung, welche jedem Intervall entspricht, und fragen wir, ob dieselbe nach der bisherigen Theorie erklärt werden kann? Wenn ein Grundton n mit seiner Terz m melodisch oder harmonisch verbunden wird, so fällt der 5. Partialton des ersten Klanges (5 n) mit dem vierten des zweiten Klanges (4 m) zusammen. Dies ist das Gemeinsame, was nach der Helmholtz'schen Theorie allen Terzverbindungen zukommt. Combinire ich die Klänge C und E, oder F und A, und stelle in dem folgenden Schema ihre Partialtöne dar

C	c	g	c	↓ e	g	b	c	E	e	h	↓ e	gis	h	d	e
n	$2n$	$3n$	$4n$	$5n$	$6n$	$7n$	$8n$	m	$2m$	$3m$	$4m$	$5m$	$6m$	$7m$	$8m$
F	f	c	f	↓ a	c	es	f	A	a	e	↓ a	cis	e	g	a
n	$2n$	$3n$	$4n$	$5n$	$6n$	$7n$	$8n$	m	$2m$	$3m$	$4m$	$5m$	$6m$	$7m$	$8m$

so coïncidiren in der That in dem einen Fall die mit ↓, in dem andern die mit ⫱ bezeichneten Partialtöne, in beiden Fällen der fünfte Partialton des tieferen mit dem vierten Partialton des höheren Klanges. Dieses Gemeinsame besteht aber nur für den physikalisch analysirenden Verstand, und hat mit der Empfindung nichts zu schaffen. Für die Empfindung coïncidiren in dem ersten Fall die ē, in dem zweiten die ā, also ganz verschiedene Töne. Gerade dann, wenn wir für jede unterscheidbare Schwingungszahl eine zugehörige specifische Energie annehmen, müssen wir fragen, wo bleibt der jeder Terzverbindung gemeinsame Empfindungsbestandtheil?

Man halte diese meine Unterscheidung nicht für Pedanterie und Haarspalterei. So wenig meine Frage, worin die physiologische Aehnlichkeit der Gestalten zum Unterschied von der geometrischen bestehe, überflüssig war, so wenig ist diese gleichzeitig (vor etwa 20 Jahren) gestellte Frage unnöthig. Will man ein physikalisches oder mathematisches Kennzeichen der Terz als ein Merkmal der Terzempfindung gelten lassen, so begnüge man sich nach Euler[77]) mit der Coïncidenz von je vier und fünf Schwingungen, welche Auffassung gar nicht so übel war, solange man glauben konnte, dass der Schall auch im Nerv noch als periodische Bewegung fortgehe, was A. Seebeck (Pogg. Ann. Bd. 68) noch für möglich gehalten hat. Die Helmholtz'sche Coïncidenz von 5 n und 4 m ist in Bezug auf diesen Punkt nicht weniger symbolisch und nicht aufklärender.

77) Euler, tentamen novae theoriae musicae. Petropoli 1739. S. 36.

13.

Bis hierher habe ich meine Ausführungen mit der Ueberzeugung vorgebracht, dass ich nicht nöthig haben werde, einen wesentlichen Schritt zurück zu thun. Dieses Gefühl begleitet mich nicht in gleichem Masse bei der Entwicklung der folgenden Hypothese, die sich mir im Wesentlichen vor langer Zeit dargeboten hat. Sie mag aber wenigstens dazu dienen, die Forderung, die ich an eine vollständigere Theorie der Tonempfindungen glaube stellen zu müssen, auch von der positiven Seite zu beleuchten, und zu erläutern.

Für ein Thier von einfacher Organisation sei die Wahrnehmung leiser periodischer Bewegungen des Mediums, in dem es sich befindet, eine wichtige Lebensbedingung. Wird der Wechsel der Aufmerksamkeit (wegen der zu grossen Organe, in welchen so rapide Aenderungen nicht mehr eintreten können) zu träge und die Oscillationsperiode zu kurz, die Amplitüde zu klein, als dass die einzelnen Phasen der Reizung in's Bewusstsein fallen könnten, so wird es noch möglich sein, die gehäuften Empfindungseffecte des oscillatorischen Reizes wahrzunehmen. Das Gehörorgan wird dem Tastorgan den Rang ablaufen [78]). Ein schwingungsfähiges Endorgan (ein Hörhaar) spricht nun vermöge seiner physikalischen Eigenschaften nicht auf jede Schwingungszahl an, aber auch nicht auf eine, sondern gewöhnlich auf

---

78) Es ist desshalb fraglich, ob Thiere, welche ein so kleines Zeitmass haben, dass ihre willkürlichen Bewegungen für uns tönen, in dem gewöhnlichen Sinne hören, oder ob nicht vielmehr das ein Tasten ist, was uns an ihnen den Eindruck des Hörens macht. Vergl. z. B. die schönen Versuche und Beobachtungen von V. Graber (die chordotonalen Organe, Arch. f. mikrosk. Anat. XX, S. 506). — Vergl. „Bewegungsempfindungen“ S. 123.

mehrere weit von einander abliegende[79]). Sobald also das ganze Continuum der Schwingungszahlen zwischen gewissen Grenzen für das Thier von Wichtigkeit wird, genügen nicht mehr einige wenige Endorgane, sondern es stellt sich das Bedürfniss nach einer ganzen Reihe solcher Organe von abgestufter Stimmung ein. Als ein solches System wird das Corti'sche Organ angesehen.

Schwerlich wird nun ein Glied des Corti'schen Organs nur auf eine Schwingungszahl ansprechen. Wir müssen vielmehr erwarten, dass es viel schwächer in abgestufter Intensität (vielleicht durch Knoten abgetheilt) auch auf die Schwingungszahlen $2n$, $3n$, $4n$ u. s. w., und ebenso auch auf die Schwingungszahlen $\frac{n}{2}$, $\frac{n}{3}$, $\frac{n}{4}$, u. s. w. anspricht. Da die Annahme einer besondern Energie für jede Schwingungszahl sich als unhaltbar gezeigt hat, so stellen wir uns dem Obigen gemäss vor, dass zunächst nur zwei Empfindungsenergieen, sagen wir Dumpf (D) und Hell (H) ausgelöst werden. Die betreffende Empfindung wollen wir (ähnlich wie dies bei Mischfarben geschieht) symbolisch durch $pD + qH$ darstellen, oder wenn wir $p + q = 1$ setzen, und q als eine Function $f(n)$ der Schwingungszahl ansehen[80]), durch $[1 - f(n)]D + f(n)H$. Die auftretende Empfindung soll nun der Schwingungszahl des oscillatorischen Reizes entsprechen, an welchem Glied der Corti'schen Reihe der Reiz auch angreifen mag. Hierdurch wird die frühere Darstellung nicht wesentlich gestört. Denn indem das Glied R_n am stärksten auf n und viel schwächer auf $2n$, $3n$ oder $\frac{n}{2}$, $\frac{n}{3}$ anspricht, indem R_n auch auf einen

79) Wie z. B. V. Hensen beobachtet hat.

80) Will man eine recht einfache Darstellung haben, so setzt man $f(n) = k.\log n$.

aperiodischen Anstoss mit n ausschwingt, wird doch die Empfindung $[1 - f(n)]D + f(n)H$ überwiegend an das Glied R_n gebunden bleiben.

Gut constatirte Fälle von Doppelthören (Vgl. Stumpf a. a. O. S. 266 u. ff.) könnten uns nöthigen, das Auslösungsverhältniss von D und H als vom Endorgan und nicht von der Schwingungszahl abhängig zu betrachten, was aber unsere Auffassung ebenfalls nicht stören würde.

Ein Glied R_n spricht also stark auf n, schwächer aber auch auf 2 n, 3 n . . . . und $\frac{n}{2}$, $\frac{n}{3}$, ... mit den diesen Schwingungszahlen zugehörigen Empfindungen an. Es ist aber doch sehr unwahrscheinlich, dass die Empfindung genau dieselbe bleibt, ob R_n auf n oder ob $R_{\frac{n}{2}}$ auf n anspricht. Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass jedesmal, wenn die Glieder der Corti'schen Reihe auf einen Partialton ansprechen, die Empfindung eine schwache Zusatzfärbung erhält, die wir symbolisch für den Grundton durch Z_1, für die Obertöne durch Z_2, Z_3 . . . . für die Untertöne durch $Z_{\frac{1}{2}}$, $Z_{\frac{1}{3}}$ . . . . darstellen wollen. Hiernach wäre also die Tonempfindung etwas reicher zusammengesetzt als dies der Formel $[1 - f(n)]D + f(n)H$ entspricht. Die Empfindungen, welche die Corti'sche Reihe durch die Grundtöne gereizt gibt, bilden also ein Gebiet mit der Zusatzfärbung Z_1, die Reizung derselben Reihe durch den ersten Oberton gibt ein besonderes Empfindungsgebiet mit der Zusatzfärbung Z_2 u. s. w. Die Z können entweder unveränderliche Bestandtheile sein, oder selbst wieder aus zwei Bestandtheilen U und V bestehen, und durch

$$[1 - f(n)]U + f(n)V$$

darstellbare Reihen bilden, worüber zu entscheiden jetzt nicht von Belang ist.

Allerdings sind nun die physiologischen Elemente Z_1, Z_2 .... erst zu finden. Allein schon die Einsicht, dass sie zu suchen sind, scheint mir wichtig. Sehen wir zu, wie sich das Gebiet der Tonempfindungen ausnimmt, wenn man die Z_1, Z_2 .... als gegeben ansieht.

Betrachten wir als Beispiel eine melodische oder harmonische Terzverbindung. Die Schwingungszahlen seien also $n = 4p$ und $m = 5p$; der tiefste gemeinsame Oberton ist $5n = 4m = 20p$, der höchste gemeinsame Unterton ist p. Dann ergibt sich folgende Uebersicht:

	Die Glieder der Corti'schen Reihe:	R_p	R_{4p}	R_{5p}	R_{20p}
Wenn die Klänge 4p und 5p keine Obertöne enthalten	sprechen an auf die Schwingungszahlen:	$4p$, $5p$	$4p$	$5p$	$4p = \frac{20p}{5}$ $5p = \frac{20p}{4}$
	mit den Zusatzempfindungen:	Z_4, Z_5	Z_1	Z_1	$Z_{\frac{1}{5}}$, $Z_{\frac{1}{4}}$
Wenn die Klänge 4p und 5p Obertöne enthalten	sprechen ausserdem an auf die Schwingungszahlen:		$20p = 5(4p)$	$20p = 4(5p)$	
	mit den Zusatzempfindungen:		Z_5	Z_4	

Bei der Terzverbindung treten also die für die Terz characteristischen Zusatzempfindungen Z_4, Z_5 und $Z_{\frac{1}{4}}$, $Z_{\frac{1}{5}}$ hervor, auch wenn die Klänge gar keine Obertöne enthalten, und erstere (Z_4, Z_5) werden noch verstärkt, wenn in den Klängen entweder in der freien Luft oder doch im Ohr Obertöne

vorkommen. Das Schema lässt sich leicht für jed beliebige Intervall verallgemeinern [81]).

Diese Zusatzfärbungen werden also, obgleich sie bei einzelnen Tönen und beim Schleifen der Töne fast gar nicht bemerkt werden, bei Combination von Tönen mit bestimmten Schwingungszahlenverhältnissen hervortreten, wie die Contraste schwach gefärbter fast weisser Lichter bei deren Combination lebendig werden. Und zwar entsprechen denselben Schwingungszahlenverhältnissen bei jeder beliebigen Tonhöhe immer dieselben Contrastfärbungen.

So wird es verständlich, wie die Töne durch melodische und harmonische Verbindung mit anderen die mannigfaltigste Färbung erhalten können, die einzelnen Tönen fehlt.

Die Elemente Z_1, Z_2 . . . . darf man sich nicht in unveränderlicher bestimmter Anzahl gegeben denken. Vielmehr muss man sich vorstellen, dass die Zahl der bemerkbaren Z von der Organisation, Uebung des Gehörs und von der Aufmerksamkeit abhängt. Nach dieser Auffassung werden auch nicht direct Schwingungszahlenverhältnisse durch das Gehör erkannt, sondern nur die durch dieselben bedingten Zusatzfärbungen. Die durch $[1 - f(n)]D + f(n)H$ symbolisch dargestellte Tonreihe ist nicht unendlich, sondern begrenzt. Da f (n) sich zwischen den Werthen 0 und 1 bewegt, sind D und H die Empfindungen, die einem tiefsten und höchsten Ton entsprechen, die Endglieder.

81) Man wird bemerken, dass die hier versuchte Analyse der Tonempfindungen denselben Weg nimmt, wie die Analyse der Farbenempfindungen. Hier wie dort ist man von der Anschauung ausgegangen, dass der unendlichen physikalischen Mannigfaltigkeit eine unendliche physiologische Mannigfaltigkeit entspricht. Nach dem Princip des Parallelismus hat sich hier wie dort die Zahl der Empfindungselemente vermindert.

Sinkt oder steigt die Schwingungszahl bedeutend unter oder über diejenige des Grundtones der längsten und kürzesten Corti'schen Faser, so findet nur ein geringeres Ansprechen, aber keine Aenderung der Art der Empfindung mehr statt. Auch die Empfindung der Intervalle muss in der Nähe der beiden Hörgrenzen verschwinden. Zunächst weil der Unterschied der Tonempfindung überhaupt aufhört, dann aber noch weil an der oberen Grenze die Glieder der Corti'schen Reihe fehlen, welche durch Untertöne gereizt werden könnten, an der untern Grenze aber diejenigen, welche auf Obertöne reagiren.

14.

Ueberblicken wir noch einmal die gewonnene Ansicht, so sehen wir, dass fast alles, was durch Helmholtz's Arbeiten statuirt worden ist, beibehalten werden kann. Die Geräusche und Klänge lassen sich in Töne zerlegen. Jeder unterscheidbaren Schwingungszahl entspricht ein besonderes Nervenendorgan. An die Stelle der vielen specifischen Energieen setzen wir aber bloss zwei, die uns die Verwandtschaft aller Tonempfindungen verständlich machen, und erhalten durch die Rolle, welche wir der Aufmerksamkeit zuweisen, gleichwohl mehrere gleichzeitig angegebene Töne unterscheidbar. Durch die Hypothese des mehrfachen Ansprechens der Glieder der Corti'schen Reihe und der „Zusatzfärbungen" tritt die Bedeutung der zufälligen Klangfarbe zurück, und wir sehen den Weg, auf welchem den positiven Merkmalen der Intervalle namentlich auf Grund musikalischer Thatsachen weiter nachzuforschen ist. Endlich erhält durch die letztere Ansicht das v. Oettingen'sche Princip der Dualität eine Unterlage, die vielleicht diesem Forscher selbst

etwas besser zusagen dürfte als die „Erinnerung", während sich zugleich zeigt, warum die Dualität keine vollwerthige Symmetrie sein kann.

15.

Für denjenigen, welcher die Dinge vom Standpunkte der Entwicklungslehre zu betrachten pflegt, ist die moderne Musik in ihrer hohen Ausbildung, sowie die spontan und plötzlich auftretende musikalische Begabung, auf den ersten Blick eine höchst sonderbare räthselhafte Erscheinung. Was hat diese Gehörsentwicklung mit der Arterhaltung zu schaffen? Geht sie nicht weit über das Nothwendige oder überhaupt nur Nützliche hinaus? Was soll uns die feine Unterscheidung der Tonhöhen? Was nützt uns der Sinn für die Intervalle, für die Klangfärbungen des Orchesters?

Eigentlich kann man in Bezug auf jede Kunst dieselbe Frage stellen, ob sie ihren Stoff aus diesem oder jenem Sinnesgebiet schöpft. Die Frage besteht auch bezüglich der scheinbar weit über das nothwendige Mass hinausgehenden Intelligenz eines Newton, Euler u. s. w. Die Frage liegt nur am nächsten bezüglich der Musik, welche gar kein praktisches Bedürfniss zu befriedigen, meist nichts darzustellen hat. Sehr verwandt mit der Musik ist aber die Ornamentik. Wer sehen will, muss Richtungen der Linien unterscheiden können. Wer sie fein zu unterscheiden vermag, dem kann sich aber, gewissermassen als ein Nebenprodukt seiner Ausbildung, das Gefühl für die Gefälligkeit der Combinationen von Linien ergeben. So verhält es sich auch mit dem Sinn für Farbenharmonie nach Entwicklung des Unterscheidungsvermögens für Farben, so wird es auch mit der Musik sich verhalten.

Wir müssen uns auch gegenwärtig halten, dass das, was

wir Talent und Genie nennen, so gross uns auch dessen Wirkungen erscheinen, in der Begabung nur eine kleine Differenz gegen das Normale darstellt. Auf etwas grössere psychische Stärke in einem Gebiet reducirt sich das Talent. Zum Genie wird dasselbe durch die über die Jugendzeit hinaus erhaltene Fähigkeit der Anpassung, durch die Erhaltung der Freiheit sich ausserhalb der Schablone zu bewegen. Die Naivität des Kindes entzückt uns, und macht uns fast immer den Eindruck des Genies. Gewöhnlich schwindet aber dieser Eindruck bald, und wir merken, dass dieselben Aeusserungen, welche wir gewohnt sind als Erwachsene auf Rechnung der Freiheit zu setzen, beim Kinde noch auf Mangel an Festigkeit beruhten.

Talent und Genie treten, wie Weismann treffend hervorgehoben hat[82]), in der Folge der Generationen nicht allmälig und langsam hervor, sie können auch nicht das Resultat einer gehäuften Uebung der Vorfahren sein, sie zeigen sich spontan und plötzlich. Mit dem eben Besprochenen zusammengehalten wird dies auch verständlich, wenn wir bedenken, dass die Descendenten nicht genau den Vorfahren gleichen, sondern etwas variirend die Eigenschaften derselben bald etwas abgeschwächt, bald etwas gesteigert aufweisen.

---

82) Weismann, Uber die Vererbung. Jena 1883. S. 43.





Einfluss der vorausgehenden Untersuchungen auf die Auffassung der Physik[83]).

1.

Welchen Gewinn zieht nun die Physik aus den vorausgehenden Untersuchungen? Zunächst fällt ein sehr verbreitetes Vorurtheil und mit diesem eine Schranke. Es gibt keine Kluft zwischen Psychischem und Physischem, kein Drinnen und Draussen, keine Empfindung, der ein äusseres von ihr verschiedenes Ding entspräche. Es gibt nur einerlei Elemente, aus welchen sich das vermeintliche Drinnen und Draussen zusammensetzt, die eben nur, je nach der temporären Betrachtung, drinnen oder draussen sind.

83) Die in diesem Capitel erörterten Fragen habe ich theilweise schon früher („Erhaltung der Arbeit" und „Öconomische Natur d. physikal. Forschung") besprochen. Was die Auffassung der Begriffe als öconomische Mittel betrifft, hat mich Herr Professor W. James (von der Harvard-Universität zu Cambridge Mass.) mündlich auf Berührungspunkte meiner Schriften mit seiner Arbeit „The Sentiment of Rationality" (Mind, Vol. IV. p. 317. Juli 1879) aufmerksam gemacht. Jedermann wird diese mit freiem Blick, mit wohlthuender Frische und Unbefangenheit geschriebene Arbeit mit Vergnügen und Gewinn lesen.

2.

Die *sinnliche* Welt gehört dem physischen und psychischen Gebiet *zugleich* an. So wie wir beim Studium des Verhaltens der Gase durch Absehen von den Temperaturänderungen zu dem *Mariotte*'schen, durch ausdrückliches Beachten der Temperaturänderungen aber zum *Gay-Lussac*'schen Gesetz gelangen, und unser Untersuchungsobject doch immer *dasselbe* bleibt, so treiben wir auch *Physik* im weitesten Sinne, solange wir die Zusammenhänge in der sinnlichen Welt, *von unserm Leib ganz absehend*, untersuchen, *Psychologie der Sinne* aber, sobald wir hierbei eben auf diesen, und speciell auf *unser* Nervensystem, das Hauptaugenmerk richten. *Unser* Leib ist ein Theil der sinnlichen Welt wie jeder andere, die Grenze zwischen Physischem und Psychischem lediglich eine *praktische* und *conventionelle*. Betrachten wir sie für höhere wissenschaftliche Zwecke als nicht vorhanden, und sehen alle Zusammenhänge als *gleichwerthig* an, so kann es an der Eröffnung neuer Forschungswege nicht fehlen.

3.

Als einen weiteren Gewinn müssen wir ansehen, dass der Physiker von den herkömmlichen intellectuellen Mitteln der Physik sich nicht mehr imponiren lässt. Kann schon die gewöhnliche „Materie" nur als ein sich unbewusst ergebendes, sehr natürliches Gedankensymbol für einen Complex sinnlicher Elemente betrachtet werden, so muss dies umsomehr von den künstlichen hypothetischen Atomen und Molekülen der Physik und Chemie gelten. Diesen Mitteln *verbleibt* ihre Werthschätzung für ihren besondern beschränkten Zweck. Sie bleiben ökonomische Symbolisirungen

der Welt der Erfahrung. Man wird aber von ihnen wie von den Symbolen der Algebra nicht mehr erwarten, als man in dieselben hineingelegt hat, namentlich nicht mehr Aufklärung und Offenbarung als von der Erfahrung selbst. Schon im Gebiete der Physik selbst bleiben wir vor Ueberschätzung unserer Symbole bewahrt. Noch weniger wird aber der ungeheuerliche Gedanke, die Atome zur Erklärung der psychischen Vorgänge verwenden zu wollen, sich unsrer bemächtigen können. Sind sie doch nur Symbole jener eigenartigen Complexe sinnlicher Elemente, die wir in dem engeren Gebiete der Physik antreffen.

4.

Die Wissenschaften können sich sowohl durch den Stoff unterscheiden als auch durch die Art der Behandlung dieses Stoffes. Alle Wissenschaft geht aber darauf aus, Thatsachen in Gedanken darzustellen, entweder zu praktischen Zwecken oder zur Beseitigung des intellectuellen Unbehagens. Knüpfen wir an die Bezeichnung der „Vorbemerkungen" an, so entsteht Wissenschaft, indem durch die $\alpha\beta\gamma$ . . . . der Zusammenhang der übrigen Elemente nachgebildet wird. Beispielsweise entsteht Physik (in weitester Bedeutung) durch Nachbildung der ABC . . . . in ihrer Beziehung zu einander, Physiologie oder Psychologie der Sinne durch Nachbildung der Beziehung von ABC . . . zu KLM, Physiologie durch Nachbildung der Beziehung der KLM . . . . zu einander und zu ABC . . . . Die Nachbildung der $\alpha\beta\gamma$ . . . durch andere $\alpha\beta\gamma$ führt zu den eigentlichen psychologischen Wissenschaften.

Man könnte nun z. B. in Bezug auf Physik der Ansicht sein, dass es weniger auf Darstellung der sinnlichen Thatsachen als auf die Atome, Kräfte und Gesetze ankommt,

welche gewissermassen den Kern jener sinnlichen Thatsachen bilden. Unbefangene Ueberlegung lehrt aber, dass jedes praktische und intellectuelle Bedürfniss befriedigt ist, sobald unsere Gedanken die sinnlichen Thatsachen vollständig nachzubilden vermögen. Diese Nachbildung ist also Ziel und Zweck der Physik, die Atome, Kräfte, Gesetze hingegen sind nur die Mittel, welche uns jene Nachbildung erleichtern. Der Werth der letztern reicht nur so weit als ihre Hülfe.

5.

Wir sind über irgend einen Naturvorgang, z. B. ein Erdbeben, so vollständig als möglich unterrichtet, wenn unsere Gedanken uns die Gesammtheit der zusammengehörigen sinnlichen Thatsachen so vorführen, dass sie fast als ein Ersatz derselben angesehen werden können, dass uns die Thatsachen selbst als Bekannte entgegentreten, dass wir durch dieselben nicht überrascht werden können. Wenn wir in Gedanken das unterirdische Dröhnen hören, die Schwankung fühlen, die Empfindung beim Heben und Senken des Bodens, das Krachen der Wände, das Abfallen des Anwurfs, die Bewegung der Möbel und Bilder, das Stehenbleiben der Uhren, das Klirren und Springen der Fenster, das Verziehen der Thürstöcke und Festklemmen der Thüren uns vergegenwärtigen, wenn wir die Welle, die durch den Wald wie durch ein Kornfeld zieht, und die Aeste bricht, die in eine Staubwolke gehüllte Stadt im Geiste sehen, die Glocken ihrer Thürme anschlagen hören, wenn uns auch noch die unterirdischen Vorgänge, welche zur Zeit noch unbekannt sind, sinnlich so vor Augen stehen, dass wir das Erdbeben herankommen sehen wie einen fernen Wagen, bis wir endlich die Erschütterung unter den Füssen fühlen, so können wir

mehr Einsicht nicht verlangen. Können wir auch die Theilthatsachen nicht in dem richtigen Ausmass combiniren ohne gewisse (mathematische) Hülfsvorstellungen, so ermöglichen letztere unsern Gedanken doch nur nach und nach zu leisten, was sie nicht auf einmal vermögen. Diese Hülfsvorstellungen wären aber werthlos, wenn wir mit denselben nicht bis zur Darstellung der sinnlichen Thatsachen vordringen könnten.

Wenn ich das auf ein Prisma fallende weisse Lichtbündel in Gedanken als Farbenfächer austreten sehe, mit bestimmten Winkeln, die ich voraus verzeichnen kann, wenn ich das reelle Spectralbild sehe, das beim Vorsetzen einer Linse auf einem Schirm entsteht, darin die Fraunhofer'schen Linien an voraus bekannten Stellen, wenn ich im Geiste sehe, wie sich die letzteren verschieben, sobald das Prisma gedreht wird, sobald die Substanz des Prismas wechselt, sobald ein dasselbe berührendes Thermometer seinen Stand ändert, so weiss ich alles, was ich verlangen kann. Alle Hülfsvorstellungen, Gesetze, Formeln sind nur das quantitative Regulativ meiner sinnlichen Vorstellung. Diese ist das Ziel, jene sind die Mittel.

6.

Die Anpassung der Gedanken an die Thatsachen ist also das Ziel aller naturwissenschaftlichen Arbeit. Die Wissenschaft setzt hier nur absichtlich und bewusst fort, was sich im täglichen Leben unvermerkt von selbst vollzieht. Sobald wir der Selbstbeobachtung fähig werden, finden wir unsere Gedanken den Thatsachen schon vielfach angepasst vor. Die Gedanken führen uns die Elemente in ähnlichen Gruppen vor wie die sinnlichen Thatsachen. Der begrenzte Gedankenvorrath reicht aber nicht für die fortwährend wach-

sende Erfahrung. Fast jede neue Thatsache bringt eine Fortsetzung der Anpassung mit sich, die sich im Process des Urtheilens äussert.

Man kann diesen Vorgang an Kindern sehr gut beobachten. Ein Kind kommt zum erstenmal aus der Stadt auf's Land, etwa auf eine grosse Wiese, sieht sich da nach allen Seiten um, und spricht verwundert: „Wir sind in einer Kugel. Die Welt ist eine blaue Kugel[84].“ Hier haben wir zwei Urtheile. Was geht vor, indem dieselben gebildet werden? Die fertige sinnliche Vorstellung „wir“ (die begleitende Gesellschaft) wird durch die ebenfalls schon vorhandene Vorstellung einer Kugel zu einem Bilde ergänzt. Aehnlich wird in dem zweiten Urtheil das Bild der „Welt“ (alle Gegenstände der Umgebung) durch die einschliessende blaue Kugel (deren Vorstellung auch schon vorhanden war, weil sonst der Name gefehlt hätte) ebenfalls ergänzt. Ein Urtheil ist also immer eine Ergänzung einer sinnlichen Vorstellung zur vollständigeren Darstellung einer sinnlichen Thatsache. Ist das Urtheil in Worten ausdrückbar, so besteht es sogar immer in einer Zusammensetzung der neuen Vorstellung aus schon vorhandenen Erinnerungsbildern, welche auch beim Angesprochenen durch Worte hervorgelockt werden können.

Der Process des Urtheilens besteht also hier in einer Bereicherung, Erweiterung, Ergänzung sinnlicher Vorstellungen durch andere sinnliche Vorstellungen unter Leitung der sinnlichen Thatsache. Ist der Process vorbei und das Bild geläufig geworden, tritt es als fertige Vorstellung in's Bewusstsein, so haben wir es mit keinem Urtheil, sondern nur mehr mit einer einfachen Erinnerung zu thun.

---

84) Der hier als Beispiel angeführte Fall ist nicht erdichtet, sondern ich habe den Vorgang an meinem 3jährigen Kinde beobachtet.

Das Wachsthum der Naturwissenschaft und der Mathematik beruht grösstentheils auf der Bildung solcher intuitiver Erkenntnisse (wie sie Locke nennt). Betrachten wir z. B. die Sätze: „1. Der Baum hat eine Wurzel. 2. Der Frosch hat keine Klauen. 3. Aus der Raupe wird ein Schmetterling. 4. Verdünnte Schwefelsäure löst Zink. 5. Reibung macht das Glas electrisch. 6. Der electrische Strom lenkt die Magnetnadel ab. 7. Der Würfel hat 6 Flächen, 8 Ecken, 12 Kanten." Der 1. Satz enthält eine räumliche Erweiterung der Baumvorstellung, der 2. die Correctur einer nach der Gewohnheit zu voreilig vervollständigten Vorstellung, der 3., 4., 5. und 6. enthalten zeitlich erweiterte Vorstellungen. Der 7. Satz gibt ein Beispiel der geometrischen intuitiven Erkenntniss.

7.

Derartige intuitive Erkenntnisse prägen sich dem Gedächtniss ein und treten als jede gegebene sinnliche Thatsache spontan ergänzende Erinnerungen auf. Die verschiedenen Thatsachen gleichen sich nicht vollständig. Die verschiedenen Fällen gemeinsamen Bestandtheile der sinnlichen Vorstellung werden aber gekräftigt, und es kommt dadurch ein Princip der möglichsten Verallgemeinerung oder Continuität in die Erinnerung. Andererseits muss die Erinnerung, soll sie der Mannigfaltigkeit der Thatsachen gerecht werden, und überhaupt nützlich sein, dem Princip der zureichenden Differenzirung entsprechen. Schon das Thier wird durch lebhaft roth und gelb gefärbte (ohne Anstrengung am Baum sichtbare) weiche Früchte an deren süssen, durch grüne (schwer sichtbare) harte Früchte an deren sauren Geschmack erinnert werden. Der Insekten jagende Affe hascht nach allem, was schwirrt und fliegt,

hütet sich aber vor der gelb und schwarz gefleckten Fliege, der Wespe. In diesen Beispielen spricht sich deutlich genug das Bestreben nach möglichster Verallgemeinerung und Continuität, so wie nach praktisch zureichender Differenzirung der Erinnerung aus. Und beide Tendenzen werden durch dasselbe Mittel, die Aussonderung und Hervorhebung jener Bestandtheile der sinnlichen Vorstellung, erreicht, welche für den zur Erfahrung passenden Gedankenlauf massgebend sind. Ganz analog verfährt der Physiker, wenn er verallgemeinernd sagt, „alle durchsichtigen festen Körper brechen das aus der Luft einfallende Licht zum Lothe", und wenn er differenzirend hinzufügt, „die tesseral krystallisirten und amorphen einfach, die übrigen doppelt".

8.

Ein guter Theil der Gedankenanpassung vollzieht sich unbewusst und unwillkürlich unter Leitung der sinnlichen Thatsachen. Ist diese Anpassung ausgiebig genug geworden, um der Mehrzahl der auftretenden Thatsachen zu entsprechen, und stossen wir nun auf eine Thatsache, welche mit unserm gewohnten Gedankenlauf in starkem Widerstreit steht, ohne dass man sofort das massgebende Moment zu erschauen vermöchte, welches zu einer neuen Differenzirung führen würde, so entsteht ein Problem. Das Neue, das Ungewöhnliche, das Wunderbare wirkt als Reiz, welcher die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Praktische Gründe, oder das intellectuelle Unbehagen allein können den Willen zur Beseitigung des Widerstreites, zur neuen Gedankenanpassung erzeugen. So entsteht die absichtliche Gedankenanpassung, die Forschung.

Wir sehen z. B. einmal ganz gegen unsere Gewohnheit, dass an einem Hebel oder Wellrad eine grosse Last durch eine kleine gehoben wird. Wir suchen nach dem differenzirenden Moment, welches uns die sinnliche Thatsache nicht unmittelbar zu bieten vermag. Erst wenn wir, verschiedene ähnliche Thatsachen vergleichend, den Einfluss der Gewichte und der Hebelarme bemerkt, und uns selbstthätig zu den abstracten Begriffen Moment oder Arbeit erhoben haben, ist das Problem gelöst. Das Moment oder die Arbeit ist das differenzirende Element. Ist die Beachtung des Momentes oder der Arbeit zur Denkgewohnheit geworden, so existirt das Problem nicht mehr.

9.

Was thut man nun, indem man abstrahirt? Was ist eine Abstraction? Was ist ein Begriff? Entspricht dem Begriff ein sinnliches Vorstellungsbild? Einen allgemeinen Menschen kann ich mir nicht vorstellen, höchstens einen besondern, vielleicht einen, der zufällige Besonderheiten verschiedener Menschen, die sich nicht ausschliessen, vereinigt. Ein allgemeines Dreieck, welches etwa zugleich rechtwinklig und gleichseitig sein müsste, ist nicht vorstellbar. Allein ein solches mit dem Namen des Begriffs auftauchendes, die begriffliche Operation begleitendes Bild ist auch nicht der Begriff. Ueberhaupt deckt ein Wort, welches aus Noth zur Bezeichnung vieler Einzelvorstellungen verwendet werden muss, durchaus noch keinen Begriff. Ein Kind, das zuerst einen schwarzen Hund gesehen und nennen gehört hat, nennt z. B. alsbald einen grossen schwarzen, rasch dahinlaufenden Käfer ebenfalls „Hund“, bald darauf ein Schwein

oder Schaf ebenfalls Hund [84]). Irgend eine an die früher benannte Vorstellung erinnernde Aehnlichkeit führt zum naheliegenden Gebrauch desselben Namens. Der Aehnlichkeitspunkt braucht in aufeinanderfolgenden Fällen gar nicht derselbe zu sein; er liegt z. B. einmal in der Farbe, dann in der Bewegung, dann in der Gestalt, der Bedeckung u. s. w.; demnach ist auch von einem Begriff gar nicht die Rede. So nennt ein Kind gelegentlich die Federn des Vogels Haare, die Hörner der Kuh Fühlhörner, den Bartwisch, den Bart des Vaters und den Samen des Löwenzahns ohne Unterschied „Bartwisch" u. s. w. [85]). Die meisten Menschen verfahren mit den Worten ebenso, nur weniger auffallend, weil sie einen grösseren Vorrath zur Verfügung haben. Der gemeine Mann nennt ein Rechteck „Viereck" und gelegentlich auch den Würfel (wegen der rechtwinkligen Begrenzung) ebenfalls „Viereck". Die Sprachwissenschaft und einzelne historisch beglaubigte Fälle lehren, dass ganze Völker sich nicht anders verhalten [86]).

Ein Begriff ist überhaupt nicht eine fertige Vorstellung. Gebrauche ich ein Wort zur Bezeichnung eines Begriffs, so liegt in demselben ein einfacher Impuls zu einer geläufigen sinnlichen Thätigkeit, als deren Resultat ein sinnliches Element (das Merkmal des Begriffs) sich ergibt. Denke ich z. B. an den Begriff Siebeneck, so zähle ich in der vorliegenden Figur oder in der auftauchenden Vorstellung die Ecken durch; komme ich hierbei bis sieben, wobei der Laut, die Ziffer, die Finger das sinn-

---

84) So nannten die Markomannen die von den Römern über die Donau gesetzten Löwen „Hunde", und die Jonier nannten (Herodot II 69) die „Champsä" des Nils nach den Eidechsen ihrer Büsche „Krokodile".

85) Sämmtliche Beispiele sind der Beobachtung entnommen.

86) Withney, Leben und Wachsthum der Sprache. Leipzig 1876.

liche Merkmal der Zahl abgeben können, so fällt die gegebene Vorstellung unter den gegebenen Begriff. Spreche ich von einer Quadratzahl, so versuche ich die vorliegende Zahl durch die Operation 5 × 5, 6 × 6 u. s. w., deren sinnliches Merkmal (die Gleichheit der beiden multiplicirten Zahlen) auf der Hand liegt, herzustellen. Das gilt von jedem Begriff. Die Thätigkeit, welche das Wort auslöst, kann aus mehreren Operationen bestehen; die eine kann eine andere enthalten. Immer ist das Resultat ein sinnliches Element, welches vorher nicht da war.

Wenn ich ein Siebeneck sehe, oder mir vorstelle, braucht mir die Siebenzahl der Ecken noch nicht gegenwärtig zu sein. Sie tritt erst durch die Zählung hervor. Oft kann das neue sinnliche Element, wie z. B. beim Dreieck, so nahe liegen, dass die Zähloperation unnöthig scheint; das sind aber Specialfälle, welche eben zu Täuschungen über die Natur des Begriffs führen. An den Kegelschnitten (Ellipse, Hyperbel, Parabel) sehe ich nicht, dass sie unter denselben Begriff fallen; ich kann es aber durch die Operation des Kegelschneidens, und durch die Construction der Gleichung finden.

Wenn wir also abstracte Begriffe auf eine Thatsache anwenden, so wirkt dieselbe auf uns als einfacher Impuls zu einer sinnlichen Thätigkeit, welche neue sinnliche Elemente herbeischafft, die unsern ferneren Gedankenlauf der Thatsache entsprechend bestimmen können. Wir bereichern und erweitern durch unsere Thätigkeit die für uns zu arme Thatsache. Wir thun dasselbe, was der Chemiker mit einer farblosen Salzlösung thut, indem er ihr durch eine bestimmte Operation einen gelben oder braunen Niederschlag ablockt, der seinen Gedankenlauf zu differenziren vermag. Der Begriff des Physikers ist eine bestimmte

Reactionsthätigkeit, welche eine Thatsache mit neuen sinnlichen Elementen bereichert.

10.

Wenn wir, um an ein früheres Beispiel anzuknüpfen, einen Hebel erblicken, so treibt uns dieser Anblick, die Arme abzumessen, die Gewichte zu wägen, die Masszahl des Armes mit der Masszahl des Gewichtes zu multipliciren. Entspricht den beiden Producten dasselbe sinnliche Zahlzeichen, so erwarten wir Gleichgewicht. Wir haben so ein neues sinnliches Element gewonnen, welches zuvor in der blossen Thatsache noch nicht gegeben war, und das nun unsern Gedankenlauf differenzirt. Hält man sich recht gegenwärtig, dass das begriffliche Denken eine Reactionsthätigkeit ist, die wohl geübt sein will, so versteht man die bekannte Thatsache, dass niemand Mathematik oder Physik, oder irgend eine Naturwissenschaft durch blosse Lectüre ohne praktische Uebung sich aneignen kann. Das Verstehen beruht hier gänzlich auf dem Thun. Ja es wird in keinem Gebiet möglich sein, sich zu den höhern Abstractionen zu erheben, ohne sich mit den Einzelheiten beschäftigt zu haben.

Die Thatsachen werden also durch die begriffliche Behandlung erweitert und bereichert, und schliesslich wieder vereinfacht. Denn wenn das neue massgebende sinnliche Element (z. B. die Masszahl der Momente des Hebels) gefunden ist, wird nur dieses mehr beachtet, und die mannigfaltigsten Thatsachen gleichen und unterscheiden sich nur durch dieses Element. Wie bei der intuitiven Erkenntniss reducirt sich also auch hier alles auf die Auffindung, Hervorhebung und Aussonderung der massgebenden sinnlichen Elemente. Die Forschung erreicht hier

nur auf einem Umwege, was sich der intuitiven Erkenntniss unmittelbar darbietet.

Der Chemiker mit seinen Reagenzien, der Physiker mit Masstab, Waage, Galvanometer, und der Mathematiker verhalten sich den Thatsachen gegenüber eigentlich ganz gleichartig; nur braucht der letztere bei Erweiterung der Thatsache am wenigsten über die Elemente $\alpha \beta \gamma \ldots . K L M$ hinauszugehen. Seine Hülfsmittel hat er stets und sehr bequem zur Hand. Der Forscher mit seinem ganzen Denken ist ja auch nur ein Stück Natur wie jedes Andere. Eine eigentliche Kluft zwischen diesem und anderen Stücken besteht nicht. Alle Elemente sind gleichwerthig.

Nach dem Dargelegten ist das Wesen der Abstraction nicht erschöpft, wenn man sie (mit Kant) als negative Aufmerksamkeit bezeichnet. Zwar wendet sich beim Abstrahiren von vielen sinnlichen Elementen die Aufmerksamkeit ab, dafür aber andern neuen sinnlichen Elementen zu, und das Letztere ist gerade wesentlich. Jede Abstraction gründet sich auf das Hervortreten bestimmter sinnlicher Elemente.

11.

Die sinnliche Thatsache ist also der Ausgangspunkt und auch das Ziel aller Gedankenanpassungen des Physikers. Die Gedanken, welche unmittelbar der sinnlichen Thatsache folgen, sind die geläufigsten, stärksten und anschaulichsten. Wo man einer neuen Thatsache nicht sofort folgen kann, drängen sich die kräftigsten und geläufigsten Gedanken heran, um dieselbe reicher und bestimmter zu gestalten. Hierauf beruht jede naturwissenschaftliche Hypothese und Speculation, deren Berechtigung auf der Gedankenanpassung beruht, welche sie fördert und schliesslich herbeiführt. So

denken wir uns den Planeten als einen geworfenen Körper, stellen uns den electrischen Körper mit einer fernwirkenden Flüssigkeit bedeckt vor, denken uns die Wärme als einen Stoff, der aus einem Körper in den andern überfliesst, bis uns schliesslich die neuen Thatsachen ebenso geläufig und anschaulich werden als die ältern, die wir als Gedankenhülfe herangezogen hatten. Aber auch wo von unmittelbarer Anschaulichkeit nicht die Rede sein kann, bilden sich die Gedanken des Physikers unter möglichster Einhaltung des Princips der Continuität und der zureichenden Differenzirung zu einem öconomisch geordneten System von Begriffsreactionen aus, welche wenigstens auf den kürzesten Wegen zur Anschaulichkeit führen.

12.

Betrachten wir nun die Ergebnisse der Gedankenanpassung. Nur dem, was an den Thatsachen überhaupt beständig ist, können sich die Gedanken anpassen, und nur die Nachbildung des Beständigen kann einen öconomischen Vortheil gewähren. Hierin liegt also der letzte Grund des Strebens nach Continuität der Gedanken, d. h. nach Erhaltung der möglichsten Beständigkeit, und hierdurch werden auch die Anpassungsergebnisse verständlich [86]).

13.

Das bedingungslos Beständige nennen wir Substanz. Ich sehe einen Körper, wenn ich ihm den Blick zuwende. Ich kann ihn sehen, ohne ihn zu tasten.

---

86) Vergl.: „die Mechanik in ihrer Entwicklung.“ S. 475.

Ich kann ihn tasten, ohne ihn zu sehen. Obgleich also das Hervortreten der Elemente des Complexes an Bedingungen geknüpft ist, habe ich dieselben doch zu sehr *in der Hand*, um sie besonders zu würdigen und zu beachten. Ich betrachte den Körper, oder den Elementencomplex, oder den Kern dieses Complexes als stets vorhanden, ob er mir augenblicklich in die Sinne fällt oder nicht. Indem ich den Gedanken dieses Complexes, oder als Symbol desselben den Gedanken des Kerns mir stets *parat* halte, gewinne ich den Vortheil der Voraussicht, und vermeide den Nachtheil der Ueberraschung. Ebenso halte ich's mit den chemischen Elementen, die mir als bedingungslos beständig erscheinen. Obgleich hier mein Wille nicht genügt, um die betreffenden Complexe zur sinnlichen Thatsache zu machen, obgleich hier auch *äussere* Mittel nöthig sind, *sehe* ich doch von diesen Mitteln *ab*, sobald sie mir geläufig geworden, und betrachte die chemischen Elemente einfach als *beständig*. Wer an Atome glaubt, hält es mit diesen analog.

Aehnlich wie mit dem Elementencomplex, der einem *Körper* entspricht, können wir auf einer höheren Stufe der Gedankenanpassung auch mit ganzen *Gebieten* von Thatsachen verfahren. Wenn wir von Electricität, Magnetismus, Licht, Wärme sprechen, auch ohne uns hierunter besondere *Stoffe* zu denken, so schreiben wir diesen Thatsachengebieten, wieder von den uns geläufigen Bedingungen ihres Hervortretens *absehend*, eine Beständigkeit zu, und halten die nachbildenden Gedanken stets parat, mit gleichem Vortheil wie in den obigen Fällen. Wenn ich sage, ein Körper ist „electrisch", so ruft mir dies viel mehr Erinnerungen wach, ich erwarte viel bestimmtere Gruppen von Thatsachen, als wenn ich etwa die in dem Einzelfall sich äussernde Anziehung hervorheben würde. Doch kann diese Hyposta-

sirung auch ihre Nachtheile haben. Zunächst wandeln wir, solange wir so verfahren, immer dieselben historischen Wege. Es kann aber wichtig sein zu erkennen, dass es eine specifisch electrische Thatsache gar nicht gibt, dass jede solche Thatsache z. B. ebensogut als eine chemische oder thermische angesehen werden kann, oder vielmehr, dass alle physikalischen Thatsachen schliesslich aus denselben sinnlichen Elementen (Farben, Drucken, Räumen, Zeiten) sich zusammensetzen, dass wir durch die Bezeichnung „electrisch", bloss an eine Specialform erinnert werden, in welcher wir die Thatsache zuerst kennen gelernt haben.

Haben wir uns gewöhnt, den Körper, welchem wir die tastende Hand und den Blick beliebig zu- und abwenden können, als beständig anzusehen, so thun wir dies auch leicht in Fällen, in welchen die Bedingungen der Sinnenfälligkeit gar nicht in unserer Hand liegen, z. B. bei Sonne und Mond, die wir nicht tasten können, bei den Welttheilen, die wir vielleicht einmal und nicht wieder sehen können, oder die wir gar nur aus der Beschreibung kennen. Dies Verfahren kann für eine ruhige ökonomische Weltauffassung seine Bedeutung haben, es ist aber gewiss nicht das einzig berechtigte. Es wäre nur ein consequenter Schritt weiter, die ganze Vergangenheit, welche ja in ihren Spuren noch vorhanden ist (da wir z. B. Sterne dort sehen, wo sie vor Jahrtausenden waren), und die ganze Zukunft, die im Keime schon da ist (da man z. B. unser Sonnensystem nach Jahrtausenden noch sehen wird, wo es jetzt ist), als beständig anzusehen. Ist doch der ganze Zeitverlauf nur an Bedingungen unserer Sinnlichkeit gebunden. Mit dem Bewusstsein eines besondern Zweckes wird man auch diesen Schritt unternehmen dürfen.

14.

Eine wirkliche bedingungslose Beständigkeit gibt es nicht, wie dies aus dem Besprochenen deutlich hervorgeht. Wir gelangen zu derselben nur, indem wir Bedingungen übersehen, unterschätzen, oder als immer gegeben betrachten, oder willkürlich von denselben absehen. Es bleibt nur eine Art der Beständigkeit, die alle vorkommenden Fälle von Beständigkeit umfasst, die Beständigkeit der Verbindung (oder Beziehung).

Die Mehrzahl der naturwissenschaftlichen Sätze drückt solche Beständigkeiten der Verbindung aus: „Aus der Kaulquappe wird ein Frosch. Das Chlornatrium tritt in Würfelform auf. Der Lichtstrahl ist geradlinig. Die Körper fallen mit der Beschleunigung 9.81 $\left(\frac{m}{sec^2}\right)$“. Den begrifflichen Ausdruck dieser Beständigkeiten nennen wir Gesetze. Die Kraft (im mechanischen Sinne) ist auch nur eine Beständigkeit der Verbindung. Wenn ich sage, ein Körper A übe auf B eine Kraft aus, so heisst dies, dass B sofort eine gewisse Beschleunigung gegen A zeigt, sobald es diesem gegenübertritt.

Die eigenthümliche Illusion, als ob der Stoff A der absolut beständige Träger einer Kraft wäre, welche wirksam wird, sobald B dem A gegenübertritt, ist leicht zu beseitigen. Treten wir, oder genauer unsere Sinnesorgane, an die Stelle von B, so sehen wir von dieser jederzeit erfüllbaren Bedingung ab, und A erscheint uns als absolut beständig. So scheint uns das magnetische Eisen, das wir immer sehen, so oft wir hinblicken wollen, als der beständige Träger der magnetischen Kraft, die erst wirksam wird, sobald ein Eisenstückchen hinzutritt, von welchem wir

nicht so unvermerkt absehen können, wie von uns selbst[87]). Die Phrasen: „Kein Stoff ohne Kraft, keine Kraft ohne Stoff", welche einen selbstverschuldeten Widerspruch vergeblich aufzuheben suchen, werden entbehrlich, wenn man nur Beständigkeiten der Verbindung anerkennt.

15.

Bei hinreichender Beständigkeit unserer Umgebung entwickelt sich eine entsprechende Beständigkeit der Gedanken. Vermöge dieser Beständigkeit streben sie die halbbeobachtete Thatsache zu vervollständigen. Dieser Vervollständigungstrieb entspringt nicht der eben beobachteten einzelnen Thatsache, er ist auch nicht mit Absicht erzeugt; wir finden ihn, ohne unser Zuthun, in uns vor. Er steht uns wie eine fremde Macht gegenüber, die uns doch stets begleitet und hilft, den wir eben brauchen, um die Thatsache zu ergänzen. Obgleich er durch die Erfahrung entwickelt ist, liegt in ihm mehr als in der einzelnen Erfahrung. Der Trieb bereichert gewissermassen die einzelne Thatsache. Durch ihn ist sie uns mehr. Mit diesem Trieb haben wir stets ein grösseres Stück Natur im Gesichtsfeld, als der Unerfahrene mit der Einzelthatsache allein. Denn der Mensch mit seinen Gedanken und seinen Trieben ist eben auch ein Stück Natur, das sich zur Einzelthatsache hinzufügt. Anspruch auf Unfehlbarkeit hat aber dieser Trieb keineswegs, und eine Nothwendigkeit für die

---

87) Dem Kinde erscheint alles als substanziell, zu dessen Wahrnehmung es nur seiner Sinne bedarf. Das Kind frägt, „wo der Schatten, wo das gelöschte Licht hinkömmt?" Es will die Electrisirmaschine nicht weiterdrehen lassen, um den Funkenvorrath derselben nicht zu erschöpfen u. s. w. — Erst sobald wir Bedingungen einer Thatsache ausserhalb uns bemerken, verschwindet der Eindruck der Substanzialität. Die Geschichte der Wärmelehre ist in dieser Beziehung sehr lehrreich.

Thatsachen, ihm zu entsprechen, besteht durchaus nicht. Unser Vertrauen zu ihm liegt nur in der Voraussetzung der vielfach erprobten zureichenden Anpassung unserer Gedanken, welche aber jeden Augenblick der Enttäuschung gewärtig sein muss.

Nicht alle unsere Thatsachen nachbildenden Gedanken haben die gleiche Beständigkeit. Immer und überall, wo wir an der Nachbildung der Thatsachen ein besonderes Interesse haben, werden wir bestrebt sein, die Gedanken von geringerer Beständigkeit durch solche von grösserer Beständigkeit zu stützen und zu stärken, oder sie durch solche zu ersetzen. So denkt sich Newton den Planeten, obgleich die Keppler'schen Gesetze schon bekannt sind, als einen geworfenen Körper, die Masse der Fluthwelle, obgleich der Verlauf derselben längst ermittelt ist, als vom Monde gezogen. Das Saugen, das Fliessen des Hebers glauben wir erst zu verstehen, wenn wir uns den Druck der Luft hinzudenken. Aehnlich versuchen wir die electrischen, optischen, thermischen Vorgänge als mechanische aufzufassen. Dies Bedürfniss nach Stützung schwächerer Gedanken durch stärkere wird auch Causalitätsbedürfniss genannt, und ist die Haupttriebfeder aller naturwissenschaftlichen Erklärungen. Als Grundlagen ziehen wir natürlich die stärksten besterprobten Gedanken vor, die uns unsere viel geübten mechanischen Verrichtungen an die Hand geben, und die wir jeden Augenblick ohne viele Mittel auf's Neue erproben können. Daher die Autorität der mechanischen Erklärungen, namentlich jener durch Druck und Stoss. Eine noch höhere Autorität kommt dementsprechend den mathematischen Gedanken zu, zu deren Entwicklung wir der geringsten äusseren Mittel bedürfen, für welche wir vielmehr das Experimentirmaterial grossentheils stets mit uns her-

umtragen. Weiss man dies aber einmal, so schwächt sich eben damit das Bedürfniss nach mechanischen Erklärungen ab [88]).

Es wurde zuvor gesagt, dass der Mensch selbst ein Stück Natur sei. Es sei erlaubt, dies durch ein Beispiel zu erläutern. Ein Stoff kann für den Chemiker lediglich durch die Sinnesempfindungen genügend characterisirt sein. Dann liefert der Chemiker selbst durch innere Mittel den ganzen zur Bestimmung des Gedankenlaufs nöthigen Reichthum der Thatsache. Es kann aber in andern Fällen die Vornahme von Reactionen mit Hülfe äusserer Mittel nöthig werden. Wenn ein Strom eine in seiner Ebene befindliche Magnetnadel umkreist, so weicht der Nordpol der Nadel zu meiner Linken aus, sobald ich mich in den Strom als Ampère'scher Schwimmer denke. Ich bereichere die Thatsache (Strom und Nadel), die für sich meinen Gedankenlauf nicht genügend bestimmt, indem ich mich selbst zuziehe (durch eine innere Reaction). Ich kann auch auf die Ebene des Stromkreises eine Taschenuhr legen, so dass der Zeiger der Strombewegung folgt. Dann schlägt der Südpol vor, der Nordpol

---

88) Aussermechanische physikalische Erfahrungen können sich, in dem Masse als sie geläufiger werden, dem Werthe der mechanischen nähern. Stricker hat meines Erachtens einen richtigen und wichtigen Punkt getroffen, indem er (Studien über die Association der Vorstellungen Wien 1883) die Causalität mit dem Willen in Zusammenhang bringt. Ich selbst habe als junger Docent (bei Darlegung der Bedeutung der Mill'schen Differenzmethode) die von Stricker ausgesprochene Ansicht mit grosser Lebhaftigkeit und Einseitigkeit vertreten. Der Gedanke hat mich auch nie ganz verlassen (Vergl. z. B. „Die Mechanik in ihrer Entwickelung" Leipzig 1883 S. 78, 282, 456). Gegenwärtig bin ich aber, wie die obigen Ausführungen zeigen, doch der Meinung, dass diese Frage nicht so einfach ist, und von mehreren Seiten betrachtet werden muss.

hinter das Zifferblatt. Oder ich mache den Stromkreis zur Sonnenuhr, nach welcher ja die Taschenuhr gebildet ist, so dass der Schatten dem Strom folgt. Dann wendet sich der Nordpol nach der beschatteten Seite der Stromebene. Die beiden letzteren Reactionen sind äussere. Beide zugleich können nur brauchbar sein, wenn zwischen mir und der Welt keine Kluft besteht. Die Natur ist ein Ganzes. Dass nicht in allen Fällen beiderlei Reactionen bekannt sind, und dass der Beobachter in manchen Fällen einflusslos scheint, beweist nichts gegen die vorgebrachte Ansicht.

16.

Wenn in einem Complex von Elementen einige durch andere ersetzt werden, so geht eine Beständigkeit der Verbindung in eine andere Beständigkeit über. Es ist nun wünschenswerth, eine Beständigkeit aufzufinden, welche diesen Wechsel überdauert. J. R. Mayer hat zuerst dies Bedürfniss gefühlt, und hat demselben durch Aufstellung seines Begriffes „Kraft" genügt, welcher dem Begriff Arbeit (Poncelet) der Mechaniker, oder genauer dem allgemeinern Begriff Energie (Th. Young) entspricht. Er stellt sich diese Kraft (oder Energie) als etwas absolut Beständiges (wie einen Vorrath oder Stoff) vor, und geht so bis auf die stärksten und anschaulichsten Gedanken zurück. Aus dem Ringen mit dem Ausdruck, mit allgemeinen philosophischen Phrasen (in der 1. und 2. Abhandlung Mayer's) sehen wir, dass sich ihm zuerst unwillkürlich und instinctiv das starke Bedürfniss nach einem solchen Begriff aufgedrängt hat. Dadurch aber, dass er die vorhandenen physikalischen Begriffe den Thatsachen und seinem

Bedürfniss angepasst hat, ist erst die grosse Leistung zu Stande gekommen [89]).

17.

Bei genügender Anpassung werden die Thatsachen von den Gedanken spontan abgebildet, und theilweise gegebene

---

89) Wenn wir einen frei fallenden Körper beobachten, so finden wir hierbei die Beständigkeit $v = \sqrt{2gh}$, die wir nach Geschmack auch in der Form $gh = \frac{v^2}{2}$ darstellen können. Setzen wir nun die ganze mögliche Fallhöhe $H = h + h'$, so ist auch $gh' + \frac{v^2}{2} = \text{const.}$ Wir können uns nun ein Beständiges (bildlich einen Stoff) denken, welches aus der Form gh' in die Form $\frac{v^2}{2}$, oder, wenn $ph' + \frac{mv^2}{2} = \text{const.}$ gesetzt wird, aus der Form ph' in die Form $\frac{mv^2}{2}$ überfliesst, dem Gesammtwerthe nach aber unveränderlich bleibt. Dies kann unserm Bedürfniss sehr entsprechen und unsere Gedanken in die geläufigen Bahnen lenken. Nichts zwingt uns aber zunächst, gh und $\frac{v^2}{2}$ als gleichwerthig zu betrachten. In der ersten Gleichung $v = \sqrt{2gh}$ ist in der That keine Spur dieser Auffassung bemerklich. Lehrt nun die Thatsache, dass (etwa bei dem umkehrbaren Spiel einer elastischen Kugel) für ein $\frac{mv^2}{2}$ das ph' wieder zurückkommen kann, so erweist sich diese Auffassung auch als sehr praktisch. (Vergl. Mach, Erhaltung der Arbeit S. 45 und in Bezug auf viele lehrreiche Detailausführungen die vortreffliche Schrift: J. Popper, die physikalischen Grundsätze der electrischen Kraftübertragung).

Wenn der Körper nicht frei fällt, sondern bei seinem langsamen Sinken einen andern erwärmt oder electrisch macht, so tritt eine ganz neue Beständigkeit an die Stelle der früheren. Nichts zwingt uns, die Wärmemenge, das electrische Potential als gleichwerthig zu betrachten dem fehlenden $\frac{mv^2}{2}$. Dass wir festsetzen, die Wärme soll so viel gelten als das entsprechende ph', ist willkürlich, wenn auch sehr bequem. Es war zunächst Mayer's Bedürfniss, was ihn trieb, seine

Thatsachen ergänzt. Die Physik kann nur als quantitatives Regulativ wirken, und die spontan verlaufenden Gedanken, dem praktischen oder wissenschaftlichen Bedürfniss entsprechend, bestimmter gestalten. Wenn ich einen Körper horizontal werfen sehe, kann mir das anschauliche Bild der Wurfbewegung auftauchen. Für den Artilleristen oder Physiker ist mehr nöthig. Er muss z. B. wissen, dass

---

thatsächlich noch nicht ausgefüllte, ohne die passende Wahl der Einheiten im allgemeinen falsche Gleichung zu schreiben.

Die Thatsachen können uns nur die Beständigkeit der Verbindung lehren. Bei umkehrbaren (von der Zeit unabhängigen) Vorgängen finden wir periodische Änderungen von Elementen wieder nur mit periodischen Änderungen anderer Elemente verknüpft. Hierin liegt noch nichts von einer Aequivalenz. Für $p h'$ kann Wärme und für diese wieder dasselbe $p h'$ zurückkommen. Dies gibt der Auffassung praktischen Werth. In Bezug auf nicht umkehrbare (von der Zeit abhängige) Aenderungen ist die Auffassung der Aequivalenz müssig. Ob eine Wärme, die nicht mehr als Arbeit wiedererscheinen kann, noch als einer Arbeit äquivalent angesehen wird, oder nicht, darauf kommt es gar nicht an. Man könnte durch die Proportionalität von $p h$ und der Wärmemenge betroffen sein, und meinen, dass dieselbe doch nicht auf einer willkürlichen Auffassung beruhen könne, sondern in der Natur gelegen sein müsse. Allein wenn man etwa versucht hätte, $p h$ und die Electricitätsmenge als äquivalent zu betrachten, so hätte sich dies als nicht brauchbar erwiesen, und man hätte oben die Ansicht so lange modificirt, bis man an die Stelle der Electricitätsmenge das Potential gesetzt hätte. Dass die Wärmemenge sich so einfach darbot, war ein glücklicher historischer Umstand. Durch denselben wird an der Richtigkeit unserer Ausführung nichts geändert. Die ungewöhnliche Stärke des intellectuellen Instinktes in Verbindung mit der begrifflichen Kraft, der weite alle Thatsachen umfassende Blick, die Klarheit, mit welcher Mayer schliesslich das mechanische Aequivalent der Wärme ohne Zuhülfenahme eines neuen Experimentes bestimmte, characterisiren ihn als einen Naturforscher ersten Ranges. Daraus folgt für mich aber gar nicht, dass jene Naturforscher, welche später kamen, unehrlich sein mussten. Ich bin vielmehr nach allem mir Zugänglichem überzeugt, dass alle diese Forscher ihren eigenen Weg gegangen sind, was ich bei dieser Gelegenheit nicht weiter ausführen kann.

wenn er, an die horizontale Abscisse der Wurfbahn den Maassstab M anlegend, bis 1, 2, 3, 4 . . . . zählen kann, er an die verticalen Ordinaten, den Maassstab M′ anlegend, zugleich bis 1, 4, 9, 16 . . . . zählen muss, um zu einem Punkte der Wurfbahn zu gelangen. Die Function der Physik besteht also darin, zu lehren, dass eine Thatsache, welche auf eine bestimmte Reaction R ein Empfindungsmerkmal E liefert, zugleich noch auf eine andere Reaction R′ ein anderes Merkmal E′ zeigt. Hierdurch wird die bestimmtere Ergänzung einer theilweise gegebenen Thatsache möglich.

18.

Der Raum des Geometers ist durchaus nicht das blosse System der Raumempfindungen (des Gesichts- und Tastsinns), sondern derselbe besteht vielmehr aus einer Menge von physikalischen Erfahrungen, welche an die Raumempfindungen anknüpfen. Schon indem der Geometer seinen Raum als an allen Stellen und nach allen Richtungen gleich beschaffen betrachtet, geht er weit über den dem Tast- und Gesichtssinn gegebenen Raum hinaus, welcher diese einfache Eigenschaft durchaus nicht hat (S. 76). Ohne physikalische Erfahrung würde er nie dahin gelangen. Die grundlegenden Sätze der Geometrie werden auch thatsächlich nur durch physikalische Erfahrungen, durch Anlegen von Längen- und Winkelmaassstäben gewonnen, durch Anlegen starrer Körper aneinander. Ohne Congruenzsätze keine Geometrie. Abgesehen davon, dass Raumbilder uns ohne physikalische Erfahrung gar nicht auftauchen würden, wären wir auch nicht im Stande, dieselben aneinander anzu-

legen, um ihre Congruenz zu prüfen. Wenn wir einen Zwang fühlen, ein gleichschenkliges Dreieck auch mit gleichen Winkeln an der Grundlinie vorzustellen, so beruht derselbe auf der Erinnerung an starke Erfahrungen. Beruhte der Satz auf „reiner Anschauung", so brauchten wir ihn nicht zu lernen [90]). Dass man in der blossen geometrischen Phantasie Entdeckungen machen kann, wie es täglich geschieht, zeigt nur, dass auch die Erinnerung an die Erfahrung uns noch Momente zum Bewusstsein bringen kann, die früher unbeachtet blieben, so wie man an dem Nachbild einer hellen Lampe noch neue Einzelheiten zu bemerken vermag. Selbst die Zahlenlehre muss in ähnlicher Weise aufgefasst werden. Auch ihre grundlegenden Sätze werden von der physikalischen Erfahrung nicht ganz unabhängig sein.

Das Ueberzeugende der Geometrie (und der ganzen Mathematik) beruht nicht darauf, dass ihre Lehren durch eine ganz besondere Art der Erkenntniss gewonnen werden, sondern nur darauf, dass ihr Erfahrungsmaterial uns besonders leicht und bequem zur Hand ist, besonders oft erprobt wurde, und jeden Augenblick wieder erprobt werden kann. Auch ist das Gebiet der Raumerfahruug ein viel beschränkteres, als das der gesammten Erfahrung. Die Ueberzeugung, das erstere im Wesentlichen erschöpft zu haben, wird alsbald Platz greifen, und das nöthige Selbstvertrauen erzeugen.

---

90) Die Methode des Euklides ist gewiss vortrefflich für den Unterricht reifer Männer mit reicher geometrischer Erfahrung. Sie dient dazu sich vor den möglichen Irrthümern zu schützen, die man kennen gelernt hat. Dass nach dieser Methode beim Jugendunterricht nicht noch schlechtere Erfolge erzielt werden, liegt nur daran, dass eben niemand ganz ohne geometrische Erfahrung in die Hände des Pädagogen geräth.

Ein ähnliches Selbstvertrauen, wie der Geometer, hat ohne Zweifel auch der Componist, der in dem Gebiet der Tonempfindungen, der Ornamentenmaler, der im Gebiet der Farbenempfindungen reiche Erfahrungen gewonnen hat. Dem einen wird kein Raumgebilde vorkommen, dessen Elemente ihm nicht wohlbekannt wären, die beiden andern werden auf keine neuen Ton- oder Farbencombinationen stossen. Ohne Erfahrung wird aber der Anfänger in der Geometrie durch die Ergebnisse seiner Thätigkeit nicht minder überrascht oder enttäuscht, als der junge Musiker oder Ornamentist.

Der Mathematiker, der Componist, der Ornamentist und der Naturforscher, welcher sich der Speculation ergibt, verfahren trotz der Verschiedenheit des Stoffes und Zweckes ihrer Thätigkeit in ganz analoger Weise. Der erstere ist allerdings wegen der grössten Beschränktheit des Stoffes gegen alle in Bezug auf die Sicherheit seines Vorgehens im Vortheil, der letztere aus dem entgegengesetzten Grunde gegen alle im Nachtheil.

19.

Die Zeit des Physikers fällt nicht mit dem System der Zeitempfindungen zusammen. Wenn der Physiker eine Zeit bestimmen will, so legt er identische oder als identisch vorausgesetzte Vorgänge, Pendelschwingungen, Erdrotationen u. s. w., als Maassstab an. Die mit der Zeitempfindung verknüpfte Thatsache wird also einer Reaction unterworfen, und das Ergebniss derselben, die Zahl, zu der man gelangt, dient nun statt der Zeitempfindung zur nähern Bestimmung des Gedankenlaufs. Ganz ebenso

richten wir unsere Gedanken über Wärmevorgänge nicht nach der Wärmeempfindung, die uns die Körper liefern, sondern nach der viel bestimmteren, welche durch die Thermometerreaction bei Ablesung des Standes des Quecksilberfadens sich ergibt. Gewöhnlich wird an die Stelle der Zeitempfindung eine Raumempfindung (Uhrzifferblatt), und für die letztere wieder eine Zahl gesetzt. Stellt man z. B. den Temperaturüberschuss eines abkühlenden Körpers über die Umgebung durch $\vartheta = \Theta e^{-kt}$ dar, so ist t jene Zahl.

Die Beziehung, in welcher die Grössen einer Gleichung stehen, ist gewöhnlich (analytisch) eine allgemeinere als diejenige, welche man durch die Gleichung darstellen will. So haben in der Gleichung $\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1$ alle beliebigen Werthe von x einen analytischen Sinn, und liefern zugehörige Werthe von y. Verwenden wir aber diese Gleichung zur Darstellung einer Ellipse, so haben nur die Werthe von $x < a$ und von $y < b$ einen (reellen) geometrischen Sinn.

Aehnlich müsste man, wenn dies nicht auf der Hand läge, ausdrücklich hinzufügen, dass die Gleichung $\vartheta = \Theta e^{-kt}$ nur für wachsende Werthe von t den Vorgang darstellt.

Denken wir uns den Verlauf verschiedener Thatsachen, z. B. die Abkühlung eines Körpers und den freien Fall eines andern, durch solche Gleichungen dargestellt, welche die Zeit enthalten, so kann aus denselben die Zeit eliminirt, und etwa der Fallraum durch den Temperaturüberschuss bestimmt werden. Die Elemente stellen sich dann einfach als abhängig von einander dar. Man müsste aber den Sinn einer solchen Gleichung durch die Hinzufügung näher bestimmen,

dass nur wachsende Fallräume oder abnehmende Temperaturen nacheinander einzusetzen seien.

Die Zeit ist nicht umkehrbar. Ein warmer Körper in kalter Umgebung kühlt nur ab, und erwärmt sich nicht. Mit grösseren Zeitempfindungen sind nur kleinere Temperaturüberschüsse verknüpft. Ein Haus in Flammen brennt nieder, und baut sich nicht auf. Die Pflanze kriecht nicht sich verkleinernd in die Erde, sondern wächst sich vergrössernd heraus. Die Thatsache der Nichtumkehrbarkeit der Zeit reducirt sich darauf, dass die Werthänderungen der physikalischen Grössen in einem bestimmten Sinne stattfinden. Von den beiden analytischen Möglichkeiten ist nur die eine wirklich. Ein metaphysisches Problem brauchen wir hierin nicht zu sehen.



Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 234

Berichtigungen.

S. 21 Z. 7 v. u. ist am Ende der Zeile das Komma zu streichen.

S. 49 Z. 3 v. o. statt „verhindern“ setze: „bemerklich machen“.

S. 121 Z. 1 v. u. statt „Croti“ setze: „Corti“.

S. 128 Z. 5 v. u. statt „Des“ setze: „Das“.